This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

731
S9

UC-NRLF

B 3 888 018

Über die Abhängigkeit der Streckungsverhältnisse der Tracheïden von der Jahresringbreite der Fichte.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der philosophischen Doktorwürde

vorgelegt der

Hohen Philosophischen Fakultät der Universität Basel

von

Friedrich Stroebe,
Hofapotheker in Karlsruhe,

aus **Karlsruhe.**

Stuttgart.
A. Zimmer's Verlag (Ernst Mohrmann).
1905.

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

BIOLOGY
LIBRARY
G

Druck von A. Bonz' Erben in Stuttgart.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA

In mehreren Abhandlungen hat Wieler[1] den Nachweis geführt, dass die Streckungsverhältnisse der Elementarorgane des sekundären Holzes in radialer und zum Teil auch tangentialer Richtung — in vertikaler Richtung wurde von ihm nicht geprüft — in Abhängigkeit stehen von den äusseren Verhältnissen. Diese machen sich im Ernährungszustand des Kambiums geltend, z. B. durch die Regelung der Wasserzufuhr und des Zustromes an plastischem Materiale, der ja zum Teil in Abhängigkeit stehen muss von der durch äussere Verhältnisse bedingten Assimilation der Blätter. Je günstiger sich die Ernährungsverhältnisse des Kambiums gestalten, um so bedeutender, je schlechter sie sich gestalten, um so geringer pflegen die Elementarorgane des sekundären Holzes gestreckt zu werden.

Wieler führte seine grundlegenden Versuche[2] aus mit Ricinus communis und Helianthus annuus; ihre Ergebnisse verallgemeinerte er und übertrug sie mit ausreichender Begründung auf die Holzgewächse. Später[3] dehnte Wieler seine Untersuchungen auf Pinus silvestris, Pinus Pinea, Betula alba, Acer platanoides,

---

[1] Beiträge zur Kenntnis der Jahresringbildung und des Dickenwachstums. Pringsh. Jahrb. XVIII, 1887. — Über die Beziehung zwischen Wurzel- und Stammholz. Tharander forstl. Jahrb. 1891, Band 41. — Über die Beziehungen zwischen dem sekundären Dickenwachstum und den Ernährungsverhältnissen der Bäume. l. c. 1892, Band 42.

[2] l. c. Pringsh. Jahrb. 1887.

[3] l. c. Tharander forstl. Jahrb. Band 41 u. 42.

166201

Fraxinus excelsior, Vitis vinifera, Ampelopsis quinquefolia, Ribes rubrum, Salix alba, Populus canadensis, Robinia pseud' Acacia, und Quercus sessiliflora aus. Sie bestätigen lediglich die Ergebnisse mit Ricinus und Helianthus und rechtfertigen die frühere Verallgemeinerung der Resultate.

Von Wieler wurde besonders der Einfluss des Wassers im Wurzelmedium auf die Ausbildung des Holzes geprüft. Auch konnte er wesentlich nur junge Pflanzen zu seinen Experimenten verwenden, wenn unter denselben auch Stecklinge gewesen sind.

Wieler folgerte aus seinen Untersuchungen weiter, dass der Unterschied zwischen Frühlings- und Herbstholz, soweit die Streckungsverhältnisse in Betracht kommen, ebenso erklärt werden müsste, wie etwa die ungleichen Streckungsverhältnisse der Elementarorgane verschiedener Individuen derselben Art, die unter verschiedenen Vegetationsbedingungen leben. Es muss also im Laufe der Vegetationsperiode ein Wechsel der auf das Kambium einwirkenden Verhältnisse eintreten, damit aus dem stärker gestreckten Frühlingsholz das weniger gestreckte Herbstholz entsteht. Dieser Wechsel soll nach Wieler in einer Verschlechterung der Ernährungsverhältnisse des Kambiums bestehen, wodurch das Wachstum der Zellen benachteiligt wird.

Je nach der Beschaffenheit des Bodens, der Höhenlage und vor allen Dingen des Betriebes im Walde variiert bei derselben Art die Beschaffenheit des Holzes. Für diese Veränderung der Holzqualität, d. h. des Gewichtes des Holzes, fehlte es bisher an einer ausreichenden anatomischen Erklärung. Man wusste nicht mit genügender Sicherheit, worauf eigentlich die verschiedene Qualität zurückzuführen sei. Die theoretischen Erörterungen Wielers gewährten die Möglichkeit, von einheitlichem Gesichtspunkte aus die verschiedene Qualität wenigstens zum Teil zu erklären. Es galt deshalb, sich zu vergewissern, dass das für die jungen Pflanzen Ermittelte, nämlich die Veränderlichkeit in den Streckungsverhältnissen in Abhängigkeit von äusseren Faktoren, auch für die grossen und alten Bäume zutrifft. Dieser Nachweis war um so notwendiger, als von anderer Seite behauptet worden ist, dass das Auftreten von Frühlings- und Herbstholz vererbte Verhältnisse seien, ferner das Auftreten des einen an Stelle des anderen nicht möglich sei. Diese Ansicht — es ist nämlich lediglich nur eine Ansicht, zu deren

Gunsten sich wohl eine Reihe von Tatsachen deuten lässt, für die es aber durchaus an einem zwingenden Beweise fehlt — schliesst streng genommen ein Schwanken in den Streckungsverhältnissen aus.

Es musste also zunächst der Nachweis geführt werden, dass auch bei unseren Waldbäumen keine Konstanz der Verhältnisse vorhanden ist, sondern dass hier ebenso alles im Fluss ist, wie bei den bisher untersuchten Holzgewächsen, dass die etwaige Konstanz eben hier, wie anderswo, nur durch eine Konstanz der Vegetationsverhältnisse hervorgerufen wird. Erst dann konnte man mit Recht die Erklärung der Jahresringbildung auf diese Pflanzen ausdehnen und den Versuch machen, die wechselnde Holzqualität aus denselben Gesichtspunkten zu erklären.

Wieler hat eine grössere Zahl von Messungen an Exemplaren von Pinus silvestris von verschiedenen Standorten ausgeführt. Seine Untersuchungen bestätigen, dass hier gleichfalls keine Konstanz der Streckungsverhältnisse herrscht. Es sind das die bisher einzigen über diesen Punkt angestellten Messungen. Sie sind nicht sehr zahlreich, was in Anbetracht der sehr zeitraubenden und mühsamen Arbeit nicht überraschen kann. Es wird deshalb auch von Wieler der berechtigte Wunsch ausgesprochen, es möchten derartige Untersuchungen erweitert werden, sei es, dass sie mit derselben Spezies in grösserem Umfange angestellt oder auf andere Spezies ausgedehnt würden.

Die nachstehende Untersuchung beabsichtigt, dieser Mahnung zu entsprechen. Verfasser hat in derselben Weise wie Wieler die Kiefer, Pinus silvestris, die Fichte, Picea vulgaris, untersucht, allerdings im grösseren Umfange.

Es sollte ermittelt werden, ob bei der Fichte eine Konstanz der Streckungsverhältnisse der Tracheïden vorhanden ist, oder ob sie hier gleichfalls schwankend sind. Es galt ferner eine Beziehung der Streckungsverhältnisse zu anderen Faktoren aufzudecken, resp. angenommene Beziehungen auf ihre Richtigkeit zu prüfen. Da die radiale Streckung der Elementarorgane eine Funktion des Wachstums ist, so war zu prüfen, ob eine Beziehung zwischen der Grösse der Tracheïde einerseits und der Breite des Jahresringes resp. seines Flächeninhaltes andrerseits besteht.

Bekanntlich wechselt die Qualität des Nadelholzes auch mit der Höhenlage. Es wurde deshalb Material aus verschiedenen Höhenlagen genommen, um den Einfluss, welchen sie auf die Streckungsverhältnisse ausüben, näher kennen zu lernen.

Material.

Das zu meinen Untersuchungen benützte Material entstammte folgenden Bäumen:

1. Fichten 1, 2, 3, 4, 5, welche in einer Höhe von 350 m, ferner Fichte 6, welche in einer Höhe von 300 m über dem Meere in den Freiherrlich von Röderschen Waldungen im Diersburgertal (Schwarzwald) gewachsen waren.

Die Exemplare 1, 2 und 3 gehörten der jüngeren, 4 und 5 der mittleren, 6 dagegen der stärkeren Stammsorte an.

Die Betriebsart war bei allen diesen Exemplaren Hochwald, Lichtschlag, und die Stämme standen sämtlich frei. Die Bodenart war Granit und Gneis. Die Höhe der Bäume, ihr Alter und der Durchmesser ihrer Stämme ist aus folgender Tabelle ersichtlich.

Nummer	Alter	Höhe	Durchmesser
1	28	8,4 m	94 mm
2	37	10,9 „	98 „
3	37	8,5 „	81 „
4	37	12,0 „	198 „
5	37	14,0 „	145 „
6	39	18,0 „	261 „

2. Fichte 7. Dieselbe wurde in einer Höhe von 530 m den Fürstlich von der Leyenschen Waldungen im Litschental bei Schuttertal (Schwarzwald) entnommen; sie war 51 Jahre alt und gehörte der stärkeren Stammsorte an. Die Betriebsart war Hochwald, Dunkelschlag. Die Äste der Bäume berührten sich nicht mehr. Die Gebirgsart, auf der diese Fichte wurzelte, war bunter Sandstein. Die Höhe ihres Stammes betrug 21 m und ihr Durchmesser 275 mm.

Sämtliche Fichten (1—7 inkl.) waren in den letzten Tagen des November 1889 geschlagen worden.

Da alle diese Fichten ohne Ausnahme dem Lahrer Forst-

bezirk entstammen, fasse ich sie der Kürze wegen zusammen als „Lahrer Fichten".

3. Fichten aus Todtnau (Schwarzwald, Feldberg). Der Platz, an dem am 4. Juli 1888 die Stämme gefällt wurden, liegt 1250 m über dem Meere; daselbst ist die Vegetationszeit eine sehr kurze.

Über das Alter der Bestände, denen die betreffenden Stämme entnommen sind, konnte nichts in Erfahrung gebracht werden, da die Bestände im Hochgebirge im Alter sehr ungleich sind. Die geschlagenen Stämme wuchsen im Einzelstande auf grösseren Blöcken. Die Bodenart war Granit und Gneis.

Nummer	Alter	Höhe	Durchmesser
8	59	6 m	113 mm
9	56	8,1 „	120 „

4. 5 Fichten aus Kirchzarten am Feldberg (Schwarzwald) — No. 10, 11, 12, 13, 14 —, welche am 30. Juni 1888 geschlagen wurden. Diese Bäume standen in Domänenwaldungen, die an den obersten Grenzabhängen, an den Nordabhängen des Feldberges auf 1200—1300 m Meereshöhe gelegen waren. Der Schnee war daselbst erst vor kurzem abgegangen, sodass einzelne Stämme acht Tage vorher noch keine neue Entwickelung gezeigt hatten. Die Bodenart war ebenfalls Granit und Gneis.

Nummer	Alter	Höhe	Durchmesser
10	63	fehlt	204 mm
11	64	„	139 „
12	111	„	259 „
13	65	„	195 „
14	53	„	117 „

5. Fichten aus den Waldungen von Tharand. Sie wurden Mitte April 1889 geschlagen. Sie hatten zeitweise unter Druck gestanden. Die Bodenart war Quadersandstein.

Nummer	Alter	Höhe	Durchmesser
15	31	fehlt	41 mm
16	51	„	46 „

Methode.

Die von mir aufgeworfenen Fragen sollten in folgender Weise ihre Lösung finden. Es sollte nach dem Vorgange von Wieler die Grösse des radialen Durchmessers der Tracheïden auf dem Querschnitt ermittelt werden, weil dies Verfahren gestattete, eine grosse Zahl von Tracheïden zu messen, und weil überhaupt die Vorstellung, welche man von den gesamten Verhältnissen durch die direkte Beobachtung erhalten konnte, eine klarere und präzisere ist, als wenn man etwa die Messungen an succesiven radialen Längsschnitten ausführte. Auch gestatten die Querschnitte zugleich eine Ermittlung der Ringbreite.

Um über die Verhältnisse in verschiedenen Ringen eines und desselben Individuums Aufschluss zu erhalten, ist es gleichgültig, aus welcher Höhe des Stammes die Querschnitte genommen sind. Anders liegt die Sache aber, wenn verschiedene Individuen von demselben Standorte und solche von verschiedenen Standorten miteinander verglichen werden sollen.

Aus dem Grunde mussten die Querschnitte von allen Exemplaren aus derselben, oder wenigstens aus annähernd derselben Höhe gewählt werden. Deshalb kamen von den aufgeführten Fichten Querscheiben zur Verwendung, welche direkt über dem Boden abgeschnitten worden waren.

Aus diesen Querscheiben wurden Mikrotomquerschnitte[1] hergestellt, welche die Länge des Durchmessers in radialer Richtung, eine Breite von 3–4 cm besassen und durch den zentralen Teil der Scheiben gelegt waren.

Die Schnitte waren senkrecht zum Längsdurchmesser des Stammes geführt worden und waren so dünn, dass sie mit starken Vergrösserungen betrachtet werden konnten. Mit Objektiv 7 von Leitz erhält man noch vollkommen deutliche Bilder, mit noch stärkeren Objektiven wurden sie von mir überhaupt nicht geprüft. Die Schnitte wurden auf grosse Objektträger gebracht, ohne Deckglas bei schwacher, mit Deckglas bei starker Vergrösserung betrachtet. Sie wurden folgendermassen vorbereitet. Zunächst wurden sie in heisses Wasser gebracht, teils damit sich die Membranen mit Wasser

[1] Die Schnitte wurden von dem inzwischen verstorbenen Modelltischler an der landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin, Herrn A. Michel, hergestellt.

imbibieren möchten, teils um die Luft zu entfernen. Alsdann wurden sie in Glyzerin übertragen. In einzelnen Fällen musste, um die Luft vollständig zu entfernen, noch eine Behandlung mit Alkohol eingeschaltet werden. Natürlich kamen sie aus dem Alkohol zunächst wieder in Wasser, dann in Glyzerin. Vereinzelt war dem Glyzerin Fuchsin zugesetzt worden, um durch die Färbung der Membran die Beobachtung zu erleichtern.

Die Grösse des radialen Durchmessers der Tracheïden wurde in der Weise ermittelt, dass festgestellt wurde, wieviel radial hinter einander liegende Tracheïden bei einer bestimmten Vergrösserung auf die ganze Länge des in das Okular gelegten Mikrometers entfallen. Hieraus lässt sich der wahre radiale Durchmesser der Tracheïden berechnen. Diese Ermittelungen wurden mit Objektiv 5 und Okular 3 von Leitz ausgeführt. Von dem 50teiligen Okularmikrometer entsprachen bei dieser Vergrösserung genau 35,5 Teile 0,2 mm. Wurde das ganze Okularmikrometer als Massstab benutzt, so betrug also die Länge der ausgezählten Tracheïdenreihen 0,282 mm. Diese Grösse entspricht nur einem Bruchteile der Ringbreite, selbst bei Ringen mittlerer Breite, wie sie in meinen Schnitten vorlagen, über deren Werte die weiter unten — Seite 20 bis 23 — folgende tabellarische Zusammenstellung meiner Ergebnisse Aufschluss gibt. In den meisten Fällen ist die Zone des Frühlingsholzes so breit, dass mit vollem Recht der ganze Massstab zum Messen benutzt werden konnte. Anderenfalls wurde nur mit einem Bruchteil desselben gemessen; so kamen in einzelnen Fällen zur Anwendung: $^3/_5$, $^2/_5$, $^1/_5$, $^1/_2$, $^1/_4$ des Okularmikrometers. In solchen Fällen, wo der Jahresring so schmal wurde, dass er nur wenige Tracheïden breit war, musste ich mich sogar mit der Messung der einzelnen Zellen begnügen.

Bekanntlich geht das Frühlingsholz allmählich in das Herbstholz über. Beide Arten des Holzes setzen sich also nicht schroff gegen einander ab. Es ist aus dem Grunde schwierig, eine richtige Vorstellung von der durchschnittlichen Grösse der Herbstholztracheïden zu gewinnen.

Da es aber weniger darauf ankam, absolute als vielmehr relative Werte zu erhalten, konnte zur Ermittlung der Grösse des Herbstholztracheïdendurchmessers dasselbe Verfahren, wie für das Frühlingsholz eingeschlagen werden. Wenn es die Breite der

Herbstholzzone gestattete, wurde stets mit $^3/_5$ des ganzen Okularmikrometers gemessen, sonst mit noch kleineren Teilen desselben, meistens mit $^1/_2$, doch kamen noch geringere Werte zur Anwendung, wie z. B. $^2/_5$, $^1/_5$, $^1/_{10}$. In diesen Fällen ergibt sich natürlich der Wert der Herbstholztracheïden verhältnismässig etwas zu klein. Aus diesen Ermittelungen wurde ebenso wie bei dem Frühlingsholz, wenn nur Bruchteile des Okularmikrometers zum Messen dienten, festgestellt, wieviel Tracheïden auf das ganze Okularmikrometer entfallen würden, um so Zahlen zu erhalten, welche ohne weiteres miteinander vergleichbar sind.

Es wurde bei den Exemplaren 1—14 die Ermittlung mit dem 2. Jahresringe begonnen und dann jeder 5. Ring gemessen. Auf diese Weise gelangten der 2., 7., 12., 17. etc. Ring zur Messung und Auszählung. Etwas anders wurde verfahren bei den beiden Exemplaren aus Tharand, da diese mit Rücksicht auf andere Gesichtspunkte untersucht wurden. Es wurden nur die Ringe ausgemessen und ausgezählt, welche für die besonderen Zwecke die geeigneten waren.

Ursprünglich lag es in meiner Absicht, mit dem ersten Jahresringe meine Untersuchung zu beginnen. Da jedoch dieser Jahresring fast immer beschädigt war, so konnte er nicht in dem Umfange zur Vergleichung herangezogen werden, wie es erwünscht und nötig gewesen wäre, um die Genauigkeit der Bestimmung nicht in Frage zu stellen, und ich musste deshalb davon Abstand nehmen.

Für alle Fälle wurde zur Kontrolle ermittelt, ob merkliche Differenzen zwischen der Grösse der Frühjahrsholztracheïden im 1. und 2. Ring vorhanden wären. Zu dem Zwecke wurden bei Nr. 3 und Nr. 7 je 15 Reihen nach obiger Methode ausgezählt. Da sich hierbei jedoch herausstellte, dass die Tracheïden gleich gross waren — bei Nr. 3 0,018 mm, bei Nr. 7 0,019 mm — so konnte mit vollem Recht jedes Bedenken gegen diese aus praktischen Gründen gemachte Modifikation fallen gelassen werden.

Bei der Auszählung der Frühlingsholztracheïden wurde das Okularmikrometer mit dem einen Endstrich auf die Grenzlinie zwischen den zu prüfenden und den vorausgehenden Jahresring gelegt und die Zahl der Tracheïden ermittelt, welche auf die Länge dieses Massstabes entfallen. Bruchteile von Tracheïden wurden geschätzt. Für das Herbstholz wurde dies Verfahren sinngemäss

abgeändert. Es wurde hier von der Grenzlinie ab nach innen gezählt.

Auf den Schnitten wurden sämtliche Messungen nur auf einer Seite vorgenommen; war der Schnitt exzentrisch, auf der längeren Seite mit wenigen Ausnahmen z. B. Nr. 6., Nr. 14. In jedem Ringe wurden an vier verschiedenen Stellen je 15 benachbarte Reihen Tracheïden ausgezählt, welche zusammen etwa die Breite des Okularmikrometers ausmachen. In jedem Ringe wurden demnach 60 Tracheïdenreihen gezählt. Der Wert der Tracheïde ist folglich das Mittel aus einer grossen Anzahl von Tracheïden, entfielen auf die Länge des Ocularmikrometers 10 Tracheïden, also aus 600, war die Tracheïde kleiner, aus noch mehr, anderenfalls aus weniger. In derselben Weise wurde der Wert für die Herbstholztracheide ermittelt; hierbei wurde dafür Sorge getragen, dass die gemessenen Tracheïden den gemessenen Frühlingsholztracheïden desselben Ringes in der Lage entsprachen.

Die vergleichbarsten Resultate würde man selbstverständlich erzielt haben, wenn man durch alle untersuchten Ringe hindurch die Deszendenten bestimmter Kambiumzellen verfolgt haben würde und aus diesen gemessenen Reihen in jedem Ringe das Mittel für die Tracheïdengrösse gezogen hätte. Das war natürlich nicht ausführbar. Man musste deshalb die höhere Genauigkeit durch die grössere Zahl Tracheïden ersetzen, und dadurch dürfte in der Tat der begangene Fehler eliminiert sein.

Benachbarte Tracheïdenreihen besitzen nicht die nämliche Anzahl von Tracheïden, aber die Differenz ist nicht bedeutender, als zwischen Reihen aus verschiedenen Teilen eines Ringes. Berechnet man in den verschiedenen Abschnitten der Ringe aus den ausgezählten Reihen die mittlere Anzahl Tracheïden, so schwankt die Zahl nur um Geringes. Zum Belege hierfür lasse ich einige Zählungen folgen aus

dem 7. Ring des Exemplares Nr. 3
„ 17. „ „ „ „ 6
„ 37. „ „ „ „ 6
„ 47. „ „ „ „ 7.

Die vier Kolumnen der Tabellen entsprechen den vier Stellen, an welchen je 15 Tracheïdenreihen ausgezählt wurden. Jede Zahl ist demnach die Summe aller Tracheïden einer Reihe. Aus der Summe von je 15 Reihen ist dann zum Schluss das Mittel gezogen worden.

7. Jahresring vom Exemplar Nr. 3			
9,3	9,0	10,3	9,3
9,4	9,4	8,9	8,5
9,0	9,8	9,2	10,6
8,9	9,7	9,6	9,5
11,0	10,4	9,9	9,9
11,0	8,9	9,4	10,1
10,5	10,4	10,7	8,9
9,9	9,3	10,5	9,5
9,8	9,6	10,6	10,1
9,3	8,4	10,0	10,9
10,0	10,2	8,7	10,0
9,0	9,9	9,0	9,8
9,4	10,4	9,5	10,7
9,5	10,9	9,6	9,8
9,0	9,0	10,8	10,6
9,6	9,68	9,78	9,88

17. Jahresring vom Exemplar Nr. 6			
8,1	7,6	7,6	6,9
7,6	7,9	6,9	7,4
6,1	7,1	6,9	7,2
6,0	7,6	7,8	6,0
7,2	6,8	7,1	7,3
7,6	7,3	6,9	6,5
6,8	8,4	5,6	7,3
6,0	6,9	5,8	6,8
8,0	8,6	7,0	6,2
8,6	6,9	5,3	8,1
5,5	8,3	8,0	7,0
7,5	6,4	7,3	7,8
6,0	7,2	7,0	7,5
7,8	8,1	5,6	7,3
7,7	7,5	8,2	6,2
7,06	7,50	6,86	7,03

37. Jahresring vom Exemplar Nr. 6			
5,5	7,7	7,4	6,3
5,8	7,4	6,6	7,6
5,9	5,4	5,4	7,1
5,9	6,4	6,8	6,5
6,1	6,6	7,2	6,5
6,2	7,5	6,5	5,6
6,4	6,6	5,9	6,9
6,8	7,2	5,4	6,1
6,3	6,8	6,4	6,2
5,7	5,8	6,4	5,7
5,9	6,5	6,5	6,1
5,0	5,9	5,4	6,9
6,8	6,4	5,5	7,0
7,6	5,2	6,3	6,1
6,5	6,6	6,6	5,6
6,16	6,53	6,26	6,41

47. Jahresring vom Exemplar Nr. 7			
6,8	7,0	6,3	6,1
7,2	7,0	7,0	6,2
6,7	7,4	7,0	6,0
6,9	7,0	7,1	7,3
6,9	6,2	6,1	7,7
6,6	6,3	6,2	6,6
7,3	6,9	7,0	6,6
6,8	6,3	6,6	5,4
6,9	7,1	6,9	8,4
7,7	5,9	6,9	7,3
7,6	7,0	7,3	5,9
5,9	7,0	6,9	6,8
8,1	6,9	5,8	6,6
7,1	6,8	8,3	6,3
7,0	8,2	7,1	6,7
7,0	6,86	6,83	6,66

Diese Zahlen veranschaulichen, dass zwar die Anzahl der Tracheïden in einer Reihe nicht gleich gross ist, dass aber das Mittel aus 15 Bestimmungen im allgemeinen die gleiche Grösse liefert. Da aus den so erhaltenen 4 Mitteln in einem Ringe das Mittel genommen wird, um die durchschnittliche Grösse des radialen Durchmessers der Tracheïden zu ermitteln, ist es nicht ohne Interesse, zu wissen, um wieviel dies Mittel von dem Maximum abweicht. Es ist das nur eine geringe Grösse, um welche man demnach eventuell berechtigt sein wird, den Wert des Tracheïdendurchmessers zu vergrössern.

Im folgenden teile ich einige Angaben mit. Von den 4 Mitteln in einem Ringe soll das Maximum mit dem Mittel aus diesen 4 Mitteln verglichen werden, ausgedrückt in der Grösse des Tracheïdendurchmessers.

Frühlingsholz:

Baum Nr.	Ring Nr.	Maximum	Mittel
3	7	0,029 mm	0,029 mm
3	17	0,032 „	0,032 „
6	17	0,041 „	0,040 „
6	37	0,046 „	0,044 „
7	12	0,036 „	0,035 „
7	17	0,037 „	0,036 „
7	22	0,037 „	0,036 „
7	27	0,036 „	0,034 „

Herbstholz:

Baum Nr.	Ring Nr.	Maximum	Mittel
3	12	0,018 mm	0,017 mm
6	37	0,019 „	0.017 „
7	12	0,020 „	0,019 „
7	17	0,019 „	0,018 „
7	22	0,021 „	0,021 „

In mehreren Fällen ist Übereinstimmung zwischen dem Maximum und dem Mittel, in anderen Fällen weichen sie von einander ab um 0,001, höchstens um 0,002 mm. Jedenfalls zeigen diese

geringen Differenzen, dass nach meiner Methode sehr gut die durchschnittliche Grösse des Tracheïdendurchmessers ermittelt wird.

Benachbarte Tracheïdenreihen stehen nicht stets auf gleicher Höhe, es braucht deshalb eine Tracheidenreihe nicht immer an derselben Stelle und zwar an der breitesten Stelle der Tracheïde durchschnitten zu sein. Die hieraus möglicherweise hervorgerufenen Fehler werden aber durch die grosse Zahl der gezählten Tracheïdenreihen wieder ausgeglichen. Die Differenzen, welche in der Tabelle die einzelnen Reihen aufweisen, können also hierin ihren Grund haben, brauchen es aber nicht und haben ihn auch gewiss in vielen Fällen nicht hierin. Diese Differenzen in der Grösse der Tracheïden einer und derselben Reihe sind nämlich recht bedeutend und können grösser werden, als die Differenz in der Tracheïdenzahl. Zum Beleg für diese Behauptung möge das folgende Beispiel dienen:

Auf Seite 275 seines Lehrbuches bildet R. Hartig[1] einen Schnitt durch Fichtenholz ab, der klar erkennen lässt, wie bedeutend die Tracheïdengrösse in derselben Reihe schwankt. Zur Erläuterung habe ich einige dieser Reihen ausgezählt und lasse die Grösse der Frühlingsholztracheïden vom Beginn des Jahresringes an folgen:

3,0 mm	4,5 mm	3,5 mm	4,0 mm
4,0 „	4,0 „	4,0 „	4,5 „
4,5 „	4,0 „	4,5 „	5,0 „
3,0 „	3,5 „	5,0 „	5,0 „
3,5 „	4,5 „	4,5 „	4,0 „
5,0 „	4,0 „	3,5 „	4,5 „
5,5 „	4,5 „	4,6 „	4,0 „
4,75 „	4,5 „	4,0 „	3,5 „
4,5 „	3,0 „	4,0 „	3,5 „
4,5 „	4,0 „	3,5 „	4,5 „
4,5 „	4,0 „	4,5 „	3,5 „
3,5 „	4,5 „	3,0 „	3,0 „
4,75 „	4,5 „	3,5 „	3,5 „
Mittel:	Mittel:	Mittel:	Mittel:
4,23 mm	**4,12** mm	**4,01** mm	**4,04** mm

[1] Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Pflanzen, 1891.

Die verschiedenen Reihen weichen in der durchschnittlichen Grösse der Tracheïde nicht wesentlich von einander ab, während der Grössenunterschied der einzelnen Tracheïden in derselben Reihe recht bedeutend ist. Der Unterschied zwischen der grössten und der kleinsten Tracheïde in den Reihen beträgt:

45 % 33 % 40 % 40 %.

Er fällt vielmehr ins Gewicht, als etwa Differenzen in der Zahl benachbarter Tracheïdenreihen, wie ein Vergleich der auf Seite 12 und 13 stehenden Tabellen zeigt. Berechnet man hier in derselben Weise in den einzelnen Kolumnen den Unterschied zwischen kleinsten und grössten Tracheïden, so ergeben sich folgende Verhältnisse:

Exemplar Nr. 3	Ring 7	21,82 %	22,94 %	19,44 %	19,81 %
„ „ 6	„ 17	36,00 „	25,50 „	35,30 „	25,90 „
„ „ 6	„ 37	34,20 „	32,40 „	27,02 „	26,30 „
„ „ 7	„ 47	27,10 „	28,00 „	30,10 „	35,70 „ .

Dass in der Tat die Differenz der einzelnen Tracheiden einer Reihe mehr in das Gewicht fällt, als die Differenz der durchschnittlichen Tracheïdengrösse der berechneten Reihen, ergibt sich auch aus dem dem Hartigschen Lehrbuch entnommenen Beispiel. Wurde auf der erwähnten Zeichnung die Tracheïdenzahl aus 6 Reihen bestimmter gleicher Länge ermittelt, so erhielt man folgende Werte:

13 12,5 12,7 12,5 13 13,5 Tracheïden.

Die Differenz zwischen der grössten und kleinsten Zahl beträgt 8 %, also bedeutend weniger, als die durchschnittliche Differenz in der Grösse der Tracheiden einer und derselben Reihe.

Die Tabelle, welche die Grösse der einzelnen Tracheïden aus der Hartigschen Zeichnung enthält, lässt erkennen, dass die Grösse der Tracheïden ganz unregelmässig schwankt, dass keineswegs der Jahresring mit den allergrössten Tracheïden beginnt, um allmählich abzunehmen, sondern, dass zuweilen gerade die ersten Tracheïden nicht besonders gross sind. Wer übrigens Gelegenheit hat, häufiger

Koniferenholz zu betrachten, wird wohl selbst mehrfach diese Beobachtung gemacht haben.

Der Vergleich der Grösse der Tracheïden in einer und derselben Reihe und benachbarten Tracheïdenreihen dürfte übrigens deutlich zeigen, dass die von mir eingeschlagene Methode durchaus brauchbar und zulässig ist. Dafür sprechen auch, wie aus den folgenden Kapiteln ersichtlich ist, die erhaltenen Resultate, da sonst eine Gesetzmässigkeit irgend welcher Art gar nicht vorhanden sein könnte.

Übrigens ergibt sich bereits aus den Zahlen, welche Wieler[1] für die Kiefer ermittelte, dass die Methode auf alle Fälle verwendbar ist.

Hier möchte ich noch eines Einwandes gedenken, welcher gegen diese zuerst von Wieler benutzte Methode erhoben worden ist und der naturgemäss auch die von mir befolgte trifft, da sie ja mit jener identisch ist. In einem Referat über die eben angeführte Wieler'sche Arbeit: „Über die Beziehungen zwischen Dickenwachstum und den Ernährungsverhältnissen der Bäume" bemerkt Jost in der „Botanischen Zeitung"[2]: „Die Methode der Messung ist übrigens in keiner Weise einwandsfrei — sie ergibt für die Frühlingsholztracheïden der kleinen Jahresringe verhältnismässig zu kleine Werte." Bei dieser Bemerkung scheint Jost übersehen zu haben, dass Wieler ausdrücklich angibt, dass er bei schmalen Ringen das halbe Mikrometer benutzt habe; die Vermutung also, dass etwa als Frühlingsholz Elemente ermittelt worden sind, welche keine Frühlingsholztracheïden sind, ist demnach durchaus unbegründet. Um so unbegründeter ist ein derartiger Einwand, als es sich bei den Wieler'schen Exemplaren überhaupt nicht um sonderlich schmale Ringe gehandelt hat.

Da ich beabsichtigte zu prüfen, ob eine Beziehung zwischen Tracheïdengrösse und Ringbreite resp. Flächeninhalt des Jahresringes existiert, so war eine Ermittelung der Ringbreiten notwendig.

---

[1] Über Beziehungen zwischen dem sekundären Dickenwachstum und den Ernährungsverhältnissen der Bäume. Tharander forstl. Jahrbuch Bd. 42, S. 90 u. folg.

[2] 1892, S. 515.

Ich ermittelte die Ringbreite mit Hilfe des Zeichenapparates. Bei bekannter Vergrösserung wurden die Grenzen der Jahresringe aufgezeichnet. Die Vergrösserung schwankte je nach der Breite der Ringe. Es kamen folgende Vergrösserungen zur Anwendung: 13,5; 28; 29; 43; 150 (Tharander Exemplare). Von jedem Ringe wurden zwei Stücke gezeichnet. Die Zeichnung beider zusammen umfasste etwa $^2/_3$ des vorhandenen Stückes des Ringes. In jeder Zeichnung wurde mit dem Massstab an 4 Stellen die Ringbreite gemessen, es wurde also aus 8 Messungen das Mittel genommen. Die so ermittelte Ringbreite wurde durch die angewandte Vergrösserung dividiert, um den wahren Wert zu erhalten. Die zur Berechnung des Flächeninhaltes nötigen Radien wurden mit Hilfe eines in halbe Millimeter geteilten Massstabes unter Benutzung der Lupe direkt an dem Schnitt bestimmt. Der Flächeninhalt der Ringe ist die Differenz zweier Kreisflächen, also

$$J = \pi (R^2 - r^2),$$

wobei R der Radius der grösseren, r der Radius der kleineren Kreisfläche ist. R — r ist die in oben beschriebener Weise ermittelte Ringbreite.

Auf diese Weise wird natürlich nicht der Flächeninhalt, der wirklich vorhandenen Ringe bestimmt, sondern der Flächeninhalt eines Ringes, welcher allseitig so breit ist, wie die gemessene Ringbreite. Wenn die Bäume allseitig annähernd gleich gewachsen sind, weicht die Zahl von dem wahren Wert wenig ab, bedeutend wird die Differenz nur bei stark exzentrisch gewachsenen Exemplaren. Da es mir aber nur darauf ankam, in dem Flächeninhalte einen Massstab zu haben, um die verschiedenen Grössen mit einander zu vergleichen, so fällt dieser Fehler nicht erheblich ins Gewicht, um so weniger, als die von mir benützten Baumexemplare im allgemeinen nicht stark exzentrisch gewachsen waren. Die Ringbreite allein ist ja kein passender Massstab für die Ausgiebigkeit der Holzbildung, denn Ringe von derselben Breite haben in verschiedenem Alter sehr ungleichen Flächeninhalt. Während die Ringbreite also auf eine gleiche Holzproduktion hindeuten würde, zeigt hingegen die Berechnung des Flächeninhaltes, dass unter diesen Umständen in höherem Alter ausserordentlich viel mehr Holz gebildet wird, als in jüngerem, z. B. hat in Nr. 12 der 7. Ring eine Breite von 2,2,

der 27. Ring von 2 mm. Bei jenem ist der Flächeninhalt 171, bei diesem 766 □mm.

Ergebnisse der Messungen und Zählungen.

Nach der im vorhergehenden Abschnitte beschriebenen Methode habe ich für die oben angeführten Exemplare die Werte für den radialen Durchmesser der Frühlings- und Herbstholztracheïden ermittelt und der Übersichtlichkeit wegen zunächst in den nachstehenden Tabellen zusammengestellt. In den beiden Exemplaren Nr. 3 und Nr. 5 konnte der 37. Ring nicht gemessen werden, obgleich er hätte gemessen werden müssen, da er beschädigt war. In den anderen Exemplaren von Nr. 1 bis Nr. 14 wurde vom 2. Ringe an je der fünfte Ring gemessen.

Die Tabellen sind folgendermassen aufgestellt worden. In der ersten Kolumne stehen die Nummern der Bäume, die folgenden Kolumnen enthalten nach einander die Nummern der Ringe, Ringbreite, Flächeninhalt der Ringe, Anzahl der auf das ganze Okularmikrometer entfallenden Frühlingsholztracheïden, absolute Grösse des radialen Durchmessers der Frühlingsholztracheïden in mm, Anzahl der auf das ganze Okularmikrometer entfallenden Herbstholztracheïden, absolute Grösse des radialen Durchmessers der Herbstholztracheïden. In einzelnen Fällen wurde die Zahl der Tracheïden, wie oben erwähnt worden ist, für eine kleinere Strecke des Okularmikrometers ausgezählt und dann die auf das ganze Okularmikrometer fallende Zahl berechnet. Die Grösse des benützten Stückes ist in den Tabellen angegeben und zwar durch folgende Zeichen:

×	= $^3/_5$	Okularmikrometer	= 30	Teilstriche
××	= $^2/_5$	„	= 20	„
×××	= $^1/_5$	„	= 10	„
○	= $^1/_2$	„	= 25	„
○○	= $^1/_4$	„	= 12,5	„
○○○	= $^1/_{10}$	„	= 5	„
○○○○	= $^4/_5$	„	= 40	„

Nummer der Bäume	Nummer der Jahresringe	Wirkliche Breite der Jahresringe in mm	Flächeninhalt der Jahresringe in □mm	Anzahl der Frühlingsholz-Tracheïden auf 1 Mikrometer	Absolute Grösse der Frühlingsholz-Tracheïden	Anzahl der Herbstholz-Tracheïden auf 1 Mikrometer	Absolute Grösse der Herbstholz-Tracheïden
1	2	2,0	34	10,10	0,028 mm	15.89	0,018 mm
	7	1,1	86	7,13	0,040 „	15,34	0,018 „
	12	0,7	78	7,50	0,037 „	16,05	0,017 „
	17	2,8	406	6,58	0,043 „	13,52	0,021 „
	22	1,6	334	6,95	0,040 „	13,18	0,021 „
	27	1,2	305	7,43	0,038 „	12,94	0,022 „
2	2	1,59	22	15,25	0,018 mm	18,54	0,015 mm
	7	1,34	108	10.29	0,027 „	17,56××××	0,016 „
	12	1,30	154	10,85	0,026 „	15.53	0,018 „
	17	0,90	161	9,32	0,030 „	15,71	0,018 „
	22	0,51	101	11,86×	0,024 „	15,80	0,018 „
	27	2,10	408	9,73	0,029 „	15,30	0,018 „
	32	2,00	559	8,31	0,034 „	15,06	0,019 „
	37	1,70	610	7,75	0,036 „	15,04	0,019 „
3	2	1,02	8	15,72	0,018 mm	18,46	0,016 mm
	7	2,20	129	9,75	0,029 „	15,94	0,018 „
	12	1,10	121	9,40	0,030 „	16,17	0,017 „
	17	0,50	100	8,82×	0,032 „	16,20	0,017 „
	22	0,25	51	10,31××	0,027 „	17,76	0,016 „
	27	0,92	218	9,45	0,030 „	16,86	0,016 „
	32	1,00	214	9,15	0,031 „	15,72	0,018 „
4	2	1,60	29	12,30	0,023 mm	16,90	0,016 mm
	7	1,40	117	8,95	0,032 „	17,41	0,016 „
	12	0,90	91	9·79	0,029 „	13,59	0,021 „
	17	0,39	66	13,88	0,020 „	15,38	0,018 „
	22	1,20	180	8,57	0,033 „	13,63	0,020 „
	27	3,40	754	7,78	0,036 „	14,51	0,019 „
	32	6,40	2343	8,69	0,032 „	16,98	0,016 „
	37	6,20	3578	8,76	0,032 „	16,56	0,017 „
5	2	1,10	9	14,68	0,019 mm	17,91	0,016 mm
	7	2,50	111	10,61	0,027 „	16,27	0,016 „
	12	1,10	116	8,46	0,033 „	15.11	0,019 „
	17	1,40	200	9.44×	0,030 „	14,63	0,019 „
	22	2,90	575	8,01	0,035 „	14,19	0,020 „
	27	3,40	914	7,39	0,038 „	14,58	0,019 „
	32	4.10	1636	7,60	0,037 „	16,38	0,017 „
	37	lädiert					
6	2	2,10	32	13,13	0,021 mm	16,99	0,016 mm
	7	2,90	447	8,35	0,034 „	16,03	0,018 „
	12	3,10	768	7,79	0,036 „	15,40	0,018 „
	17	3,90	1275	7,12	0,040 „	18,39	0,016 „
	22	3,70	1630	7,74	0,036 „	17,14	0,016 „
	27	2,30	1226	7,82	0,036 „	16.72	0,017 „
	32	2,70	1613	7,55	0,037 „	15,20	0,018 „
	37	4,50	3144	6,35	0,044 „	15,86	0,018 „

Nummer der Bäume	Nummer der Jahresringe	Wirkliche Breite der Jahresringe in mm	Flächeninhalt der Jahresringe in □mm	Anzahl der Frühlingsholz-Tracheïden auf 1 Mikrometer	Absolute Grösse der Frühlingsholz-Tracheïden	Anzahl der Herbstholz-Tracheïden auf 1 Mikrometer	Absolute Grösse der Herbstholz-Tracheïden
7	2	1,10	3	15,17	0,019 mm	10,36	0,027 mm
	7	3,00	188	9,45	0,030 „	17,44	0,016 „
	12	2,80	389	8,12	0,034 „	14,34	0,020 „
	17	2,20	267	7,87	0.036 „	15,44	0,018 „
	22	1,90	575	7,82	0,036 „	13,59	0,021 „
	27	2,00	829	8,17	0,034 „	13,12	0,021 „
	32	2,00	1028	7,30	0,039 „	13,77	0,020 „
	37	3,00	1714	7,84	0,036 „	13,40	0,021 „
	42	2,10	1358	7,06	0,040 „	15,96	0,018 „
	47	1,60	1163	6,85	0.041 „	15,75	0,018 „
8	2	1,205	8	16,11	0,017 mm	20,89	0,013 mm
	7	1,10	65	14,25×	0,019 „	21,88××	0,013 „
	12	1,30	166	9,86	0,028 „	17,52	0,016 „
	17	1,10	172	10.81	0,026 „	21,22××	0,013 „
	22	1,45	212	8,97	0,031 „	17,77	0,016 „
	27	1,50	389	8,96	0,031 „	17,62	0,016 „
	32	0,63	131	10,93	0,026 „	17,59	0,016 „
	37	0,41	88	10,92	0,026 „	16,37	0,017 „
	42	1,90	684	8,86	0,032 „	17,47	0,016 „
	47	0,803	237	9,29	0,030 „	16,23	0,017 „
	52	0,84	353	7,71	0,037 „	16,45	0,017 „
	57	0,607	169	9,03	0,031 „	16,91	0,017 „
9	2	0,55	2	17,82	0,016 mm	21,24	0,013 mm
	7	1,40	55	13,44	0,021 „	18,06	0,016 „
	12	0,93	73	11,42	0,025 „	19,82	0,014 „
	17	2,29	285	10,12	0,028 „	17,48	0,016 „
	22	2,60	392	11,69	0,024 „	17,66	0,016 „
	27	2,50	483	8,86	0,032 „	18,30	0,015 „
	32	1,20	279	8,40	0,033 „	16,72	0,017 „
	37	1,50	459	8,16	0,034 „	17,42	0,016 „
	42	1,90	633	8,74	0,032 „	17,38	0,016 „
	47	1,46	740	8,29	0,034 „	15,50	0,018 „
10	2	1,20	14	13,39	0,023 mm	18,44	0,016 mm
	7	2,10	138	9,69	0,029 „	17,07	0,016 „
	12	2,00	283	8,62	0,033 „	15,88	0,018 „
	17	2,00	421	8,37	0,034 „	15,83	0,018 „
	22	1,50	398	8,44	0,033 „	15,18	0,018 „
	27	1,70	551	7,22	0,039 „	14,58	0.019 „
	32	2,40	947	7,74	0,036 „	16,93	0,017 „
	37	1,50	690	7,60	0.037 „	15,83	0,018 „
	42	2,00	1049	7,53	0,037 „	15,91	0,018 „
	47	1,60	901	8,14	0,034 „	14,83	0,019 „
	52	1,57	1111	8,04	0,035 „	15,71	0 018 „
	57	1,74	1276	7,89	0,036 „	16,58	0,017 „
	62	0,65	631	8,34	0,034 „	16,48	0,017 „

Nummer der Bäume	Nummer der Jahresringe	Wirkliche Breite der Jahresringe in mm	Flächeninhalt der Jahresringe in □mm	Anzahl der Frühlingsholz-Tracheïden auf 1 Mikrometer	Absolute Grösse der Frühlingsholz-Tracheïden	Anzahl der Herbstholz-Tracheïden auf 1 Mikrometer	Absolute Grösse der Herbstholz-Tracheïden
11	2	0,67	3	16,57	0,017 mm	19,83	0,014 mm
	7	0,16	3	18,47×××	0,015 „	22,19×××	0,013 „
	12	1,16	47	11,44	0,024 „	17,68	0,016 „
	17	1,10	86	11,14	0,025 „	17,61	0,016 „
	22	2,00	254	7,94	0,037 „	16,17	0,017 „
	27	1,60	323	7,68	0,037 „	17,71	0,016 „
	32	3,00	820	7,62	0,037 „	18,02	0,015 „
	37	1,40	508	9,32	0,030 „	17,48	0,016 „
	42	1,50	643	7,85	0,036 „	18,91	0,015 „
	47	1,00	499	8,56	0,033 „	18,04	0,016 „
	52	0,78	497	10,36	0,027 „	19,00	0,015 „
	57	1,90	1268	8,07	0,035 „	17,52	0,016 „
	62	1,11	778	9,19	0,031 „	15,32	6,018 „
12	2	1,01	7	15,73	0,018 mm	21,54	0,013 mm
	7	2,20	171	11,96	0,023 „	19,93	0,014 „
	12	2,10	309	9,25	0,030 „	18.96	0,015 „
	17	2,70	622	8,57	0,033 „	18,67	0,015 „
	22	2,50	781	7,21	0,039 „	16,49	0,017 „
	27	2,00	766	7,70	0,036 „	18,59	0,015 „
	32	2,00	879	7,78	0,036 „	17,22	0,016 „
	37	2,50	1346	7,58	0,037 „	17,77	0,016 „
	42	1,50	912	7,58	0,037 „	17,46	0.016 „
	47	1,00	647	7,41	0,038 „	16,32	0,017 „
	52	1,00	681	7,58	0,037 „	15,08	0,019 „
	57	0,60	426	7,98	0,035 „	17,87××	0,016 „
	62	0,85	997	7,77	0,036 „	16,71××	0,017 „
	67	0,55	657	8,32×	0,034 „	18,47×××	0,015 „
	72	0,50	608	7,72×	0,036 „	16,39×××	0,017 „
	77	0,83	1024	7,97	0,035 „	16,40××	0,017 „
	82	0,61	765	7,74	0,036 „	16,05××	0,017 „
	87	0,51	649	7,91×	0,035 „	17,02×××	0,016 „
	92	0,50	644	7,61×	0,037 „	16,50×××	0,017 „
	97	0,36	494	8,24×	0,034 „	13,67××	0,020 „
	102	0,30	380	8,02×	0,035 „	13,11××	0,021 „
	107	0,18	238	9,02××	0,031 „	15,37×××	0,018 „
13	2	0,53	2	16,17	0,019 mm	27,10×××	0,010 mm
	7	1,24	35	12,42	0,023 „	19,18	0,015 „
	12	1,00	83	10,70	0,027 „	17,52	0,016 „
	17	0,91	219	7,93	0,037 „	17,04	0,016 „
	22	2,45	617	8,13	0,034 „	17,56	0,016 „
	27	5,00	1366	7,67	0,037 „	15,38	0,018 „
	32	3,00	1196	7,01	0,040 „	16,34	0,017 „
	37	3,10	1566	7,67	0,037 „	16,96	0,016 „
	42	1,60	956	7,54	0,037 „	16,42	0,017 „
	47	2,00	1306	6,99	0,040 „	16,40	0,017 „
	52	1,02	803	7,88	0,036 „	14,82	0,019 „
	57	0,66	535	7,52	0,037 „	15,90	0,018 „
	62	0,45	706	7,92×	0,037 „	16,60××	0,017 „

Nummer der Bäume	Nummer der Jahresringe	Wirkliche Breite der Jahresringe in mm	Flächeninhalt der Jahresringe in □mm	Anzahl der Frühlingsholz-Tracheïden auf 1 Mikrometer	Absolute Grösse der Frühlingsholz-Tracheïden	Anzahl der Herbstholz-Tracheïden auf 1 Mikrometer	Absolute Grösse der Herbstholz-Tracheïden
14	2	0,74	5	17,31	0,016 mm	21,56	0,013 mm
	7	1,20	52	12,99	0,022 „	17,54	0,016 „
	12	0,92	109	10,85	0,026 „	19,97	0,014 „
	17	1,10	131	10,66	0,026 „	17,49	0,016 „
	22	1,88	306	10,28	0,027 „	18,89	0,015 „
	27	1,70	391	10,41	0,027 „	15,43	0,018 „
	32	1,00	270	8,92	0,032 „	15,36	0,018 „
	37	0,60	180	8,94	0,032 „	19,03	0,015 „
	42	0,63	234	10,93 o	0,026 „	19,59 oo	0,014 „
	47	0,47	170	10;68 o	0,027 „	17,91 oo	0,016 „
	52	0,17	76	12,40××	0,023 „	18,71×××	0,015 „
15	5	1,03	19	12,60	0,022 mm	17,34	0,016 mm
	8	0,23	7	16,74××	0,017 „	24,51×××	0,011 „
	11	0,20	7	15,13 ooo	0,019 „	24,65 ooo	0,011 „
	13	0,31	12	13,70××	0,020 „	19,09××	0,015 „
	15	0,72	32	11,22	0,025 „	15,25	0,018 „
	25	2,21	190	9,20	0,031 „	15,44	0,018 „
16	2	1,19	7	14,66	0,019 mm	16,84	0,016 mm
	3	1,62	24	14,17	0,020 „	17,70	0,016 „
	4	2,14	56	10,70	0,027 „	17,85	0,016 „
	32	0,09	9	15,02×××	0,019 „	21,65 ooo	0,013 „
	33	0,08	8	11,95 ooo	0,023 „	21,61 ooo	0,013 „
	45	0,11	14	11,59×××	0,024 „	19,93 ooo	0,014 „

Besteht eine gesetzmässige Zunahme des radialen Durchmessers der Tracheïden im Frühlings- und Herbstholz bei einem und demselben Exemplar mit zunehmendem Alter?

Wenn es sich darum handelt, Aufklärung darüber zu erhalten, ob zwischen den Streckungsverhältnissen der Tracheïden in radialer Richtung und der Ringbreite, resp. dem Flächeninhalte des Ringes Beziehungen vorhanden sind, ist es vor allen Dingen notwendig, sicher zu ermitteln, ob nicht der Entwicklungsgang des Holzgewächses derartig ist, dass unter normalen Verhältnissen eine Zunahme des radialen Durchmessers mit zunehmendem Alter statthat. Diese Möglichkeit ins Auge zu fassen, ist man berechtigt, da aus den Untersuchungen von Sanio[1] an der Kiefer hervorgeht, dass der

[1] Über die Grösse der Holzzellen bei der gemeinen Kiefer (Pinus silvestris). Pringsh. Jahrb. f. w. Bot., Bd. VIII.

tangentiale Durchmesser der Tracheïden mit zunehmendem Alter wächst, um von einem bestimmten Alter an konstant zu werden.

Nun kann allerdings nicht verkannt werden, dass die Ausbildung der Tracheïden in radialer Richtung nicht denselben Bedingungen zu unterliegen braucht und vielfach in der Tat nicht unterliegt, wie die der in tangentialer Richtung. Andererseits wäre es ja möglich, dass doch innerhalb gewisser Grenzen, immer gleiche Verhältnisse vorausgesetzt, eine Abhängigkeit der radialen Streckung von der tangentialen vorhanden wäre.

Deshalb prüfte ich an der Fichte, ob das Saniosche Gesetz für den tangentialen Durchmesser auch für den radialen der Frühlingsholztracheïden gilt. Wieler[1] hatte diesen Punkt bereits für die Kiefer geprüft. Freilich konnte er nur ein Exemplar eingehender untersuchen, von einigen anderen nur wenige Ringe.

Es war für ihn nicht möglich, aus seinen Beobachtungen die Frage exakt zu beantworten, wenngleich die Ergebnisse auf eine Streckungszunahme hinwiesen. Da mir ein umfangreicheres Material zur Verfügung stand, durfte ich hoffen, diese Frage für die Fichte zu entscheiden.

Es ist wohl nicht nötig, besonders hervorzuheben, dass eine Streckung in infinitum für die Tracheïden ausgeschlossen ist. Es muss eine maximale Grösse für sie existieren, welche je nach der Spezies ungleich sein dürfte. Unter eine bestimmte Grösse kann natürlich der Durchmesser auch nicht herabsinken, denn die kleinste Tracheïde muss mindestens die Breite der Kambiumzelle besitzen. Alsdann hätte gar keine Streckung stattgefunden. In der Tat sind aber selbst die schmalsten Tracheïden immer noch breiter als die Kambiumzellen.

Soll die von mir aufgeworfene Frage, welche natürlich sowohl für Frühlings- wie Herbstholztracheïden zu stellen ist, entschieden werden, so müssen vor allen Dingen die minimalen und maximalen Werte der radialen Tracheïdendurchmesser bekannt sein. Um die Übersichtlichkeit über diese Werte der Tracheïden zu erleichtern, habe ich aus den Tabellen auf Seite 20—23 die folgende Zusammenstellung sämtlicher Messungen im Frühlings- und Herbst-

[1] Über Beziehungen zwischen dem sekundären Dickenwachstum und den Ernährungsverhältnissen der Bäume. Tharander forstl. Jahrb. 1892, Bd. 42.

holz, nach zunehmender Grösse des radialen Durchmessers geordnet, angefertigt. Bei den einzelnen Grössen ist angegeben, wie häufig sie im Frühlings- und Herbstholz wiederkehren.

Radialer Durchmesser der Tracheïden	Frühlingsholz	Herbstholz
0,01	—	1
0,011	—	2
0,012	—	—
0,013	—	9
0,014	—	6
0,015	1	14
0,016	2	47
0,017	3	26
0,018	3	31
0,019	7	10
0,020	3	5
0,021	2	7
0,022	2	1
0,023	6	—
0,024	4	—
0,025	3	—
0,026	7	—
0,027	9	1
0,028	3	—
0,029	4	—
0,030	8	—
0,031	7	—
0,032	9	—
0,033	7	—
0,034	12	—
0,035	7	—
0,036	17	—
0,037	19	—
0,038	3	—
0,039	3	—
0,040	6	—
0,041	1	—
0,042	—	—
0,043	1	—
0,044	1	—

Die kleinste Frühlingsholztracheïde hat eine Grösse von 0,015, die grösste von 0,044 mm, die kleinste Herbstholztracheïde eine Grösse von 0,01, die grösste von 0,027 mm. Die Grösse des radialen Durchmessers einer Fichtentracheïde kann demnach mindestens zwischen 0,01 und 0,044 mm schwanken. Der Durchmesser muss sogar noch kleiner werden können, denn die Werte für die Herbstholztracheïden sind stets aus einer grossen Zahl von peripheriewärts kleiner werdenden Elementen gewonnen. Der maximale Wert für die Frühlingsholztracheïde kann möglicherweise bei anderen Exemplaren noch grösser gefunden werden. Wenigstens muss diese Einschränkung gemacht werden, denn der maximale Wert ist bereits bei den von mir untersuchten Exemplaren sehr ungleich. Dürfte ich annehmen, dass die von mir gefundenen Zahlen wirklich die Grössenverhältnisse für die Tracheïde der Fichte erschöpfen, so würde sich ergeben, dass die absoluten Werte für die Fichte ganz andere sind, als für die Kiefer. Bei letzterer schwankt nach den Untersuchungen von Wieler[1] die Grösse viel bedeutender, zwischen 0,011 mm bis 0,083 mm, und dabei ist 0,011 der wahre Wert der kleinsten gemessenen Herbstholztracheïde. Es kommen demnach kleinere Tracheïden als bei der gemeinen Kiefer vor. Der Unterschied zwischen der kleinsten und grössten Tracheïde ist bei der Kiefer doppelt so gross als bei der Fichte.

Meine Tabelle lässt weiter erkennen, dass die Grösse der Herbstholztracheïde in die der Frühlingsholztracheïden übergeht, ebenso wie bei der Kiefer. So haben wir Frühlings- und Herbstholztracheïden von folgenden Grössen: 0,015; 0,016; 0,017; 0,018; 0,019; 0,020; 0,021; 0,022 und 0,027.

In welchen Ringen treten die kleinsten von mir für die Frühlingsholztracheïden beobachteten Grössen auf?

Die kleinsten Werte wurden gefunden

bei Nr. 11 im 7. Ringe mit 0,015 mm
bei Nr. 15 im 8. Ringe mit 0,017 mm

Bei den übrigen Exemplaren tritt die kleinste Frühlingsholztracheïde im 2. Ringe auf.

[1] l. c. S. 102.

Die kleinsten Herbstholztracheïden finden sich

bei	Nr. 13	im	2.	Ringe	mit	0,01 mm
bei	Nr. 15	im	8. u. 11.	Ringe	mit	0,011 mm
bei	Nr. 8	im	2. 7. u. 17.	Ringe	mit	0,013 mm
bei	Nr. 9	im	2.	Ringe	mit	0,013 mm
bei	Nr. 11	im	7.	Ringe	mit	0,013 mm
bei	Nr. 12	im	2.	Ringe	mit	0,013 mm
bei	Nr. 14	im	2.	Ringe	mit	0,013 mm
bei	Nr. 16	im	32. u. 33.	Ringe	mit	0,013 mm

Die grössten Frühlingsholztracheïden kommen vor

bei	Nr. 6	im	37.	Ringe	mit	0,044 mm
bei	Nr. 1	im	17.	Ringe	mit	0,043 mm
bei	Nr. 7	im	47.	Ringe	mit	0,041 mm
bei	Nr. 1	im	7. u. 22.	Ringe	mit	0,040 mm
bei	Nr. 6	im	17.	Ringe	mit	0,040 mm
bel	Nr. 7	im	42.	Ringe	mit	0,040 mm
bei	Nr. 13	im	32. u. 47.	Ringe	mit	0,040 mm

ferner die grössten Herbstholztracheïden

bei	Nr. 7	im	2.	Ringe	mit	0,027 mm
bei	Nr. 1	im	27.	Ringe	mit	0,022 mm

Hieraus erhellt mit grosser Deutlichkeit, dass die kleinsten Tracheïden durchaus nicht immer in den ersten Ringen und ebenso, dass die grössten Tracheïden nicht immer in den später gebildeten Ringen vorkommen.

Abgesehen von den erwähnten Ausnahmen, trifft es im grossen und ganzen freilich zu, dass die Tracheïden, und zwar die Frühlings- und Herbstholztracheïden im 2. Ringe, dem ersten von mir gemessenen Ringe, am kleinsten sind. Es könnte sogar sein, dass in denjenigen Exemplaren, in welchen die kleinsten Durchmesser der Tracheïden in späteren Ringen auftreten, die Grösse des radialen Durchmessers der Tracheïden im ersten Ringe doch noch kleiner wäre. Nach den von mir ausgeführten Messungen im ersten Ringe zweier Exemplare zu urteilen, ist es aber nicht sehr wahrscheinlich (vergl. S. 10).

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Wenn also im allgemeinen das Minimum des radialen Tracheïdendurchmessers des Frühlingsholzes im 2. Ringe zu suchen ist, so ist damit noch nicht gesagt, dass dieser Wert bei allen Exemplaren gleich gross ist.

Nr. 1	0,028 mm	Nr. 9	0,016 mm
„ 2	0,018 „	„ 10	0,023 „
„ 3	0,018 „	„ 11	0,017 „
„ 4	0,023 „	„ 12	0,018 „
„ 5	0,019 „	„ 13	0,019 „
„ 6	0,021 „	„ 14	0,016 „
„ 7	0,019 „	„ 15	0,022 „
„ 8	0,017 „	„ 16	0,019 „

Diese Zahlen zeigen ein recht bedeutendes Schwanken in ihrer Grösse.

Ebensowenig wie für das Minimum in den verschiedenen Exemplaren ein gleicher absoluter Wert für den radialen Durchmesser der Frühlingsholztracheïde ermittelt werden kann, ebensowenig ist das in den verschiedenen Exemplaren erreichte Maximum von gleicher Grösse.

Die nachstehende Tabelle gibt die Maxima für die Frühlingsholztracheïde der ersten 14 Exemplare an. Man ersieht aus derselben, wie bedeutend die Grössen nach den Individuen schwanken. Nur einmal wird der höchste Wert erreicht in Nr. 6 mit 0,044 mm.

Nr. 1	17. Ring	0,043 mm
„ 2	37. „	0,036 „
„ 3	17. „	0,032 „
„ 4	27. „	0,036 „
„ 5	27. „	0,038 „
„ 6	37. „	0,044 „
„ 7	47. „	0,041 „
„ 8	52. „	0,037 „
„ 9	47. „	0,034 „
„ 10	27. „	0,039 „
„ 11	22. „	0,037 „
„ 12	22. „	0,039 „
„ 13	32. „	0,040 „
„ 14	32. „	0,032 „

OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Alle diese Tatsachen beweisen, dass die Grösse des radialen Durchmessers bei den Frühlingsholztracheïden ausserordentlich variabel ist. Ähnliches fand Wieler ja auch für die Durchmesser der Kieferntracheïde.

Diese grosse Variabilität lässt es von vornherein nicht sehr wahrscheinlich erscheinen, dass der radiale Durchmesser eine gleichmässige Zunahme aufweist, wie es für den tangentialen von Sanio nachgewiesen wurde.

Die eingehende Prüfung meiner Schnitte ergibt Folgendes: Behält man die Möglichkeit im Sinne, dass ein gelegentliches Kleinerwerden der Tracheïden statthaben kann, so lässt sich in der Tat in grossen Zügen an den vorliegenden Schnitten ein Anwachsen des Tracheïdendurchmessers mit zunehmendem Alter der Ringe, wenigstens im Frühlingsholz, beobachten. Allerdings ist zwischen den einzelnen Exemplaren keine grosse Übereinstimmung vorhanden, indem das Maximum auf den verschiedenen Schnitten in verschiedenen Ringen erreicht wird, und indem das Anwachsen des Durchmessers bei ihnen in sehr verschiedener Weise statthat.

Die Zahlen in der Tabelle auf Seite 28 lehren demnach, dass das Maximum bei den verschiedenen Exemplaren in sehr verschiedenen Ringen eintritt. In diesen 14 Schnitten liegt es

1 mal	. . . . .	im 47.	Ringe
1 „	. . . . .	„ 52.	„
2 „	. . . . .	„ 17.	„
2 „	. . . . .	„ 22.	„
2 „	. . . . .	„ 37.	„
3 „	. . . . .	„ 27.	„
3 „	. . . . .	„ 32.	„

Die absolute Grösse des Maximums ist auch in den einzelnen Schnitten sehr verschieden, doch kehrt das nämliche Maximum in mehreren Schnitten wieder, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

2 mal	. . . . 0,032 „	2 „	. . . . 0,039 „
1 „	. . . . 0,034 „	1 „	. . . . 0,040 „
2 mal	. . . . 0,036 „	1 mal	. . . . 0,041 „
2 „	. . . . 0,037 „	1 „	. . . . 0,043 „
1 mal	. . . . 0,038 „	1 „	. . . . 0,044 „

Die absolute Grösse des Maximums schwankt also zwischen 0,032 und 0,044, d. h. um 27 %.

In einzelnen Fällen könnte man vielleicht geneigt sein, anzunehmen, dass das Maximum bereits eher eingetreten sei, indem die aus meinen Tabellen abgelesenen Zahlen gegenüber denen früherer Ringe nur geringe Differenzen aufweisen, welche eventuell vernachlässigt werden könnten (vergl. S. 14). Wenn man diesen Umstand berücksichtigt, könnte man also geneigt sein, in einzelnen Fällen das Maximum etwas früher zu legen:

in Nr. 2 an Stelle des 37. in den 32. Ring
in Nr. 3 an Stelle des 17. in den 12. Ring
in Nr. 9 an Stelle des 32. in den 27. Ring

Eine regelmässige Zunahme in der Tracheïdengrösse vom 2. Ringe bis zum Maximum weisen unsere Schnitte nicht auf. In einzelnen Fällen lässt sich allerdings eine gewisse Regelmässigkeit erkennen, in den meisten aber nicht, statt dessen wird vielfach ein Auf- und Abschwanken der Tracheïdengrösse bemerkbar. In anderen Fällen wiederum schaltet sich zwischen diesen Schwankungen eine mehrringige Konstanz in der Grösse der Tracheïden ein. Von welchen Faktoren das abhängt, soll hier nicht erörtert werden, da später darauf zurückzukommen sein wird. Hier begnüge ich mich mit der Darlegung der Tatsache.

Ist das Maximum erreicht, so müsste man erwarten, dass von diesem Punkte an die Grösse konstant bliebe. Aber auch das trifft in den meisten Fällen nicht zu. Da in Nr. 2, 6 und 7 das Maximum erst beim letzten Ringe erreicht wird, lässt sich bei ihnen über den weiteren Verlauf des Dickenwachstums nichts aussagen. In Nr. 5 und 9 bleibt die Grösse konstant, wenn wir wiederum einen Spielraum von 0,002 mm zulassen, doch folgen hier auf das Maximum nur wenige noch gemessene Ringe. In Nr. 8 folgt auf den Ring mit dem Maximum nur noch ein einziger Ring, doch geht die Tracheidengrösse sofort nicht unerheblich herunter, von 0,037 auf 0,031 mm. In anderen Fällen — Nr. 1, 3, 4, 10, 11, 12, 13, 14 — ist die Tendenz zur Konstanz bemerkbar, doch wechseln Ringe mit annähernd konstanter Grösse mit solchen, in welchen der Wert bedeutend herabsinkt, so z. B. in Nr. 3, 10, 11, 12, 13 und 14.

Vielleicht lässt sich am richtigsten das Ergebnis meiner Messungen und Erwägungen dahin zusammenfassen, dass die Tendenz zur Ausbildung von Tracheïden mit wachsendem Durchmesser, bis eine konstante Grösse erreicht wird, in der Pflanze vorhanden ist, dass sie aber nur dann wirklich zur Geltung kommen kann, wenn in jedem Jahre die Vegetationsverhältnisse genau die nämlichen sind, dass sie verdeckt wird, wenn ein Schwanken in denselben eintritt. Jedenfalls — das zeigen meine Zahlen unwiderleglich — erweist sich der Einfluss der Vegetationsverhältnisse mächtiger, als das dem Kambium innewohnende Bestreben zur allmählichen Vergrösserung des Tracheïdendurchmessers.

Der Punkt verdient übrigens noch eine kurze Erwähnung, dass das von mir ermittelte Maximum in den verschiedenen Exemplaren sehr verschieden gross ist, ohne dass irgend eine Gesetz- oder Regelmässigkeit darin zu erkennen ist. Vielleicht ist das so zu deuten: Das wirkliche Maximum wird nur in einem Schnitte erreicht (Nr. 6). In den anderen Schnitten bleibt die Tracheïdengrösse immer unter demselben, da die Wachstumsverhältnisse der Kambiumzellen derartige sind, dass dies Maximum nicht erreicht werden kann. Man könnte hier also höchstens von einem relativen Maximum sprechen. Sind wir auf Grund des Exemplares 6 berechtigt, das Maximum im 37. Ringe zu suchen, so müssten wir wenigstens das relative Maximum auf den anderen Schnitten auch hier finden. Das trifft jedoch nicht zu, sondern die Lage ist sehr unregelmässig. Wenn die vom Kambium angestrebte Tracheïdengrösse herabgedrückt werden kann durch die in ihm herrschenden, augenblicklich gegebenen Wachstumsverhältnisse, so erklärt sich hieraus, warum das eine Mal das relative Maximum vor den 37., das andere Mal hinter den 37. Ring fällt. Im ersteren Falle verschlechtern sich also in allen Ringen, die nachfolgen, die Wachstumsverhältnisse, im anderen Falle sind sie in den jüngeren Ringen so ungünstig, dass das zu erwartende Maximum nicht erreicht wird. Es wird erst wieder bemerkbar in einem späteren Ringe, wenn sich die Wachstumsverhältnisse gebessert haben.

Es bleibt für mich noch übrig, dieselben Beobachtungen für das Herbstholz anzustellen, um zu ermitteln, ob etwa für dieses irgend eine Gesetzmässigkeit vorhanden ist. In den 14 Schnitten findet sich das Maximum in folgenden Ringen:

Nr. 1	27. Ring	0,022 mm
„ 2	32. „	0,019 „
„ 3	7. „	0,018 „
„ 4	12. „	0,021 „
„ 5	22. „	0,020 „
„ 6	7. „	0,018 „
„ 7	2. „	0,027 „
„ 8	37. „	0,017 „
„ 9	47. „	0,018 „
„ 10	27. „	0,019 „
„ 11	62. „	0,018 „
„ 12	102. „	0,021 „
„ 13	52. „	0,019 „
„ 14	27. „	0,018 „

Das Maximum liegt also:

1 mal	im	2. Ringe
2 „	„	7. „
1 „	„	12. „
1 „	„	22. „
3 „	„	27. „
1 „	„	32. „
1 „	„	37. „
1 „	„	47. „
1 „	„	52. „
1 „	„	62. „
1 „	„	102. „

Das Maximum schwankt bedeutend, zwischen 0,017 mm und 0,027 mm, und lässt in seiner Lage noch weniger Regelmässigkeit als beim Frühlingsholz erkennen, da es fast in jedem Ringe an einer andern Stelle liegt. Etwas mehr Regelmässigkeit ist in dem Auftreten der minimalen Herbstholztracheïden zu bemerken:

Nr. 1	12. Ring	0,017 mm	Nr. 8	2. Ring	0,013 mm
„ 2	2. „	0,015 „	„ 9	2. „	0,013 „
„ 3	2. „	0,016 „	„ 10	2. „	0,016 „
„ 4	2. „	0,016 „	„ 11	7. „	0,013 „
„ 5	2. „	0,016 „	„ 12	2. „	0,013 „
„ 6	2. „	0,016 „	„ 13	2. „	0,010 „
„ 7	7. „	0,016 „	„ 14	2. „	0,013 „

Das Minimum liegt

11 mal	. . . . .	im 2. Ring
2 „	. . . . .	„ 7. „
1 „	. . . . .	„ 12. „

Hieraus geht hervor, dass im Grossen und Ganzen ebenso wie beim Frühlingsholz auch beim Herbstholz in den ersten Ringen die kleinsten Elemente auftreten. Mit zunehmendem Alter wächst nicht nur der radiale Durchmesser der Frühlingsholz-, sondern auch derjenige der Herbstholztracheïden. Die Grenze dieser Zunahme zu bestimmen ist natürlich hier noch schlechter möglich, als beim Frühlingsholz, da die Lage des Maximums noch unregelmässiger ist. Auch ist die Differenz zwischen grösster und kleinster Herbstholztracheïde in den einzelnen Exemplaren viel geringer als zwischen grösster und kleinster Frühlingsholztracheïde.

Diese Differenz beträgt:

2 mal	. . . . .	0,002 mm
3 „	. . . . .	0,004 „
6 „	. . . . .	0,005 „
1 „	. . . . .	0,008 „
1 „	. . . . .	0,009 „
1 „	. . . . .	0,011 „

Die Prüfung des Herbstholzes in Bezug auf meine Frage gestaltet sich also noch ungünstiger als die für das Frühlingsholz. In gewisser Weise kann das nicht besonders überraschen. In demselben Ringe sind die Frühlingsholztracheïden von annähernd gleicher Grösse, die ermittelte mittlere Grösse ist demnach ein richtiges Mass für die Frühlingsholztracheïde. Dagegen ist die mittlere Herbstholztracheïde aus ungleichen Tracheïdengrössen ermittelt, da die Tracheïden bekanntlich peripheriewärts kleiner werden. Ihr Wert hängt also, und zwar, wie ich bemerken muss, im hohen Masse ab von den auf die Streckungsverhältnisse der Kambiumzellen einwirkenden Faktoren. Diese müssen, nach der Natur der Verhältnisse, schärfer zur Geltung kommen im Herbstholz, als im Frühlingsholz, wo manche Bedingungen sicher konstanter sind, was sich schon daraus ergibt, dass Frühlingsholz entstehen kann ohne Anhangsorgane, während das Herbstholz nur im Zusammenhang mit diesen gebildet wird.

Während also in meinen späteren Betrachtungen mit der Tendenz zur Grössenzunahme bei den Frühlingsholztracheïden gerechnet werden muss, ist das für das Herbstholz nicht erforderlich. Im Folgenden wird überhaupt ein Nachdruck besonders nur auf die Frühlingsholztracheïden zu legen sein.

Wie verhalten sich verschiedene Individuen von demselben Standorte in Bezug auf die Streckungsverhältnisse der Tracheïden?

Wenn die Streckungsverhältnisse der Tracheïden in radialer Richtung vererbt wären, dann müssten in denselben Jahresringen verschiedener Individuen von demselben Standorte die Grössenverhältnisse der Tracheïden in Bezug auf den radialen Durchmesser übereinstimmen. Wenn dagegen die Verhältnisse nicht vererbt, sondern abhängig von den Vegetationsfaktoren sind, so darf ein Schwanken der Grösse des radialen Durchmessers erwartet werden, denn selbst gleich alte Individuen aus dem nämlichen Bestand befinden sich in Bezug auf die einzelnen Vegetationsfaktoren doch nicht unter absolut gleichen Bedingungen.

Um darüber klar zu werden, ob individuelle Differenzen vorhanden und wie gross sie eventuell sind, ist es notwendig, Exemplare von demselben Standorte miteinander zu vergleichen.

Eine derartige Untersuchung war umso dankenswerter, als bisher in der Literatur keine Beobachtungen weder für die Fichte, noch für andere Koniferen und Laubhölzer vorlagen, es daher sehr erwünscht war, Aufschluss darüber zu erhalten, inwieweit Exemplare aus demselben Bestande Verschiedenheiten in dem Bau des Holzes erkennen lassen. Die Kenntnis dieser Verhältnisse ist notwendig, wenn man beabsichtigt, Exemplare von verschiedenen Standorten miteinander zu vergleichen, und ist auch für die Methodik der ferneren Forschung von Bedeutung.

Sind nämlich individuelle Verschiedenheiten vorhanden, so wären dieselben immer zu eliminieren, wenn es sich darum handelt, Bäume von verschiedenen Standorten miteinander zu vergleichen; das ist aber nur ausführbar, indem eine entsprechend grosse Anzahl von Individuen in die Untersuchung gezogen wird. Die Kenntnis der individuellen Verhältnisse ist erforderlich, wenn man in methodischer Hinsicht keine Fehler begehen will.

Umso lieber habe ich mich der Mühe unterzogen, die Frage zu prüfen, als mein umfangreiches Material sehr geeignet dazu erschien.

Von den 14 Exemplaren aus Lahr, Todtnau und Kirchzarten lassen sich je einige zu Gruppen zusammenfassen nach Standort, Betriebsart, Alter, und zwar in 4 Gruppen:

1. Nr. 10, 11, 12, 13, 14 aus Kirchzarten.
2. „ 8, 9 . . . . . „ Todtnau.
3. „ 4, 5 . . . . . „ Lahr, mittlere Stammsorte.
4. „ 1, 2, 3 . . . , „ Lahr, jüngere Stammsorte.

Die Exemplare Nr. 4, 5, 2, 3 sind gleich alt, während Nr. 1 jünger ist. Im übrigen verweise ich auf Seite 6 und folgende, wo ich Eingehendes über mein Material mitgeteilt habe.

Um die Übersicht über die an diesen Exemplaren ausgeführten Messungen zu erleichtern, habe ich im nachfolgenden eine Tabelle eingefügt, welche die auf Seite 20—23 ausführlich mitgeteilten Zahlen nochmals zusammenfasst und in zweckentsprechender Weise gruppiert. Dieselbe enthält links die Nummern der Bäume, rechts davon 11 Rubriken, die mit der Zahl der Jahresringe überschrieben sind. In diesen Rubriken sind 2 Kolumnen, von denen die linke die absolute Grösse der Frühlings-, die rechte die der Herbstholztracheïden enthält.

Siehe die Tabelle auf folgender Seite.

Fasse ich zunächst die Frühlingsholztracheïden ins Auge, so zeigt meine Tabelle unzweideutig, dass recht bedeutende individuelle Differenzen vorhanden sind.

Die Exemplare von Kirchzarten lassen in keinem Ringe den gleichen Wert erkennen, wohl findet sich hin und wieder eine Übereinstimmung zwischen zwei oder drei Exemplaren, aber ganz regellos, wie aus der folgenden Zusammenstellung hervorgeht.

im	7.	Jahresring . . .	bei	Nr.	12 u. 13.
„	27.	„ . . .	„	„	11 u. 13.
„	37.	„ . . .	„	„	12 u. 13.
„	42.	„ . . .	„	„	12 u. 13.

Nummer der Bäume	Jahresring: 2.		7.		12.		17.		22.		27.		32.		37.		42.		47.		52.	
	absolute Grösse der Tracheïden des:																					
	F.H.	H.H.	F.H.	H.H.	F.H.	H.H.	F.H.	H.H.	F.H.	H.H.	F.H.	H.H.	F.H.	H.H.	F.H.	H.H.	F.H.	H.H.	F.H.	H.H.	F.H.	H.H.
10	0,023	0,016	0,029	0,016	0,033	0,018	0,034	0,018	0,033	0,018	0,039	0,019	0,036	0,017	0,037	0,018	0,037	0,018	0,034	0,019	0,035	0,018
11	0,017	0,014	0,015	0,013	0,024	0,016	0,025	0,016	0,037	0,017	0,037	0,016	0,037	0,015	0,030	0,016	0,036	0,015	0,033	0,016	0,027	0,015
12	0,018	0,013	0,023	0,014	0,030	0,015	0,033	0,015	0,039	0,017	0,036	0,015	0,036	0,016	0,037	0,016	0,037	0,016	0,038	0,017	0,037	0,019
13	0,019	0,010	0,023	0,015	0,027	0,016	0,037	0,016	0,034	0,016	0,037	0,018	0,040	0,017	0,037	0,016	0,037	0,017	0,040	0,017	0,036	0,019
14	0,016	0,013	0,022	0,016	0,026	0,014	0,026	0,016	0,027	0,015	0,027	0,018	0,032	0,018	0,032	0,015	0,026	0,014	0,027	0,016	0,023	0,015
8	0,017	0,013	0,019	0,013	0,028	0,016	0,026	0,013	0,031	0,016	0,031	0,016	0,026	0,016	0,026	0,017	0,032	0,016	0,030	0,017	—	—
9	0,016	0,013	0,021	0,016	0,025	0,014	0,028	0,016	0,024	0,016	0,032	0,015	0,033	0,017	0,034	0,016	0,032	0,016	0,034	0,018	—	—
4	0,023	0,016	0,032	0,016	0,029	0,021	0,020	0,018	0,033	0,020	0,036	0,019	0,032	0,016	—	—	—	—	—	—	—	—
5	0,019	0,016	0,027	0,016	0,033	0,019	0,030	0,019	0,035	0,020	0,038	0,019	0,037	0,017	—	—	—	—	—	—	—	—
1	0,028	0,018	0,040	0,018	0,037	0,017	0,043	0,021	0,040	0,021	0,038	0,022	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	0,018	0,015	0,027	0,016	0,026	0,018	0,030	0,018	0,024	0,018	0,029	0,018	0,034	0,019	—	—	—	—	—	—	—	—
3	0,018	0,016	0,029	0,018	0,030	0,017	0,032	0,017	0,027	0,016	0,030	0,016	0,031	0,018	—	—	—	—	—	—	—	—

Die Übereinstimmung in der Tracheïdengrösse ist bei den einzelnen Exemplaren demnach nur eine zufällige. Am meisten Übereinstimmung zeigen noch Nr. 12 und Nr. 13.

Bei den zwei Todtnauer Exemplaren findet sich genaue Übereinstimmung im 42. Ringe, annähernde Übereinstimmung im 2., 7., 17. und 27. Ringe:

2. Ring	0,017 mm	0,016 mm	+ 0,001 mm
7. „	0,019 „	0,021 „	— 0,002 „
17. „	0,026 „	0,028 „	— 0,002 „
27. „	0,031 „	0,032 „	— 0,001 „

Von 10 Ringen ist Übereinstimmung vorhanden in 5 Fällen. In den anderen 5 Ringen ist die Differenz eine zum Teil recht beträchtliche.

12. Ring	0,028 mm	0,025 mm	+ 0,003 mm
22. „	0,024 „	0,031 „	— 0,007 „
32. „	0,026 „	0,033 „	— 0,007 „
37. „	0,026 „	0,034 „	— 0,008 „
47. „	0,030 „	0,034 „	— 0,004 „

Bei den Fichten Nr. 4 und Nr. 5 aus Lahr ist überhaupt keine Übereinstimmung wahrzunehmen. In einzelnen Ringen (22. u. 27.) sind freilich die Differenzen nicht bedeutend, im grossen und ganzen aber immerhin so beträchtlich, dass sie nicht vernachlässigt werden können.

2. Ring	0,023 mm	0,019 mm	+ 0,004 mm
7. „	0,032 „	0,027 „	+ 0,005 „
12. „	0,029 „	0,033 „	— 0,004 „
17. „	0,020 „	0,030 „	— 0,010 „
22. „	0,033 „	0,035 „	— 0,002 „
27. „	0,036 „	0,038 „	— 0,002 „
32. „	0,032 „	0,037 „	— 0,005 „

Nicht günstiger gestalten sich die Verhältnisse für die Lahrer Exemplare Nr. 1, 2 und 3. Für Nr. 1 weichen die Zahlen bedeutender von Nr. 2 und Nr. 3 ab, als diese beiden unter einander

verschieden sind. Letztere beide zeigen freilich nur in einem Ringe — 2. — vollständige Übereinstimmung, sonst aber annähernde, zum Teil freilich nur sehr annähernde, selbst wenn man Differenzen von 0,001 bis 0,002 vernachlässigt.

7. Ring	0,027 mm	0,029 mm	— 0,002 mm
12. „	0,026 „	0,030 „	— 0,004 „
17. „	0,030 „	0,032 „	— 0,002 „
22. „	0,024 „	0,027 „	— 0,003 „
27. „	0,029 „	0,030 „	— 0,001 „
32. „	0,034 „	0,031 „	+ 0,003 „

Im Ring 7, 17 und 27 ist die Übereinstimmung ziemlich gut, schlecht dagegen im 12., 22. und 32.

In den 4 besprochenen Gruppen sind mit Ausnahme von Nr. 2 und Nr. 3, sowie Nr. 4 und Nr. 5, Exemplare miteinander verglichen worden, welche ungleichaltrig sind. Es ist dies natürlich durchaus zulässig, denn ich vergleiche ja stets den nämlichen Ring, und das Alter der Bäume kann auf die Streckung des Tracheïdendurchmessers keinen Einfluss haben, wenn die Grösse derselben abhängig ist von inneren Ursachen, d. h. vererbt ist.

Übrigens liefern ja die beiden Paare gleich alter Fichten keine bessere Übereinstimmung, als die ungleichaltrigen.

Bei den gruppenweise verglichenen Exemplaren können in der Streckung immer nur die geringen Differenzen in den Vegetationsfaktoren zur Geltung kommen, wie sie auf demselben Standorte für einzelne Individuen vorhanden sein müssen. Aber diese genügen, um die Streckung so bedeutend zu beeinflussen, dass nur jene geringe Übereinstimmung, welche wir eben konstatiert haben, hervorgerufen wird. Wären die Streckungsverhältnisse wirklich vererbt, wie Krabbe,[1] Strasburger[2] und früher auch R. Hartig[3] annahmen, so darf man erwarten, dass sie sich in bedeutendem Masse gegenüber diesen äusseren Einwirkungen zu behaupten wüssten.

---

[1] Das gleitende Wachstum bei der Gewebebildung der Gefässpflanzen. Berlin 1886.

[2] Über den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in der Pflanze. Jena 1891. Histolog. Beiträge. Heft III.

[3] Ein Ringelungsversuch. Allgem. Forst- und Jagdzeitung 1889.

Vererbt kann eigentlich nur das Maximum der Streckung sein. Stimmten die äusseren Bedingungen für die einzelnen vergleichbaren Individuen mathematisch genau überein, so müssten die Tracheïden in demselben Ringe von gleicher Grösse sein. In der Variation im Wachstum der Bäume muss demnach diese Grösse gleichfalls variiren. Umgekehrt können wir also aus solchen Variationen des Tracheïdendurchmessers den Schluss ziehen, dass die Lebensbedingungen, unter welchen die Exemplare gewachsen, nicht genau die nämlichen sind.

Da die individuellen Differenzen bei den vergleichbaren Exemplaren bereits im Frühlingsholz deutlich hervortreten, wäre es überflüssig, die Prüfung noch auf die Herbstholzelemente auszudehnen, was übrigens auf Grund der in meinen Tabellen mitgeteilten Zahlen leicht ausführbar wäre.

Der Vergleich meines Materiales lehrt, dass Exemplare, welche demselben Standorte entnommen werden, die daher im allgemeinen als gleich zu gelten haben, doch noch bedeutende Verschiedenheiten in der Grösse des radialen Durchmessers der Tracheïden aufweisen. Es sind also in der Tat individuelle Differenzen vorhanden, aber sie stehen nicht wie die individuellen Differenzen bei manchen anderen physiologischen Vorgängen unerklärlich da, sondern sie müssen daraus erklärt werden, dass die ganze vegetative Entwicklung der Exemplare eine ungleiche ist. Wenn auch theoretisch solche Bäume als gleich gelten, so sind sie es tatsächlich nicht. Schon äusserlich lässt sich leicht zeigen, dass auf demselben Standorte recht beträchtliche Verschiedenheiten vorkommen können. Freilich sind die Vegetationsfaktoren für alle die nämlichen. Auch in quantitativer Beziehung sind sie gleich, aber ihre Wirkung ist eine ungleiche. Zunächst sind nicht alle Exemplare von Haus aus von absolut gleicher Grösse und Ausbildung. In den frühesten Jugendzuständen sind bereits individuelle Differenzen vorhanden, welche eine ungleiche Ausbildung der Pflanze, wenn auch vielleicht nur in geringem Masse, veranlassen. Derartig ungleiche Exemplare werden auf die Vegetationsfaktoren in ungleicher Weise reagieren. Es kommt hinzu, dass die Stellung der Bäume im Bestand nicht absolut gleich ist, auch hieraus müssen Ungleichheiten sich ergeben, wodurch eine verschiedene Wirkung der Vegetationsfaktoren ermöglicht wird. So

wirken die ursprünglichen individuellen Ungleichheiten mit zufälligen Ungleichheiten des Standortes zusammen, um eine ungleiche Ausbildung der Individuen zu bewirken, wodurch natürlicherweise wiederum die individuellen Differenzen gesteigert werden. Die Verschiedenheiten mehrerer Individuen sprechen sich schon, wenn sie eine einigermassen beträchtliche Grösse erlangen, äusserlich im Wuchse und in der Massenproduktion des Holzes aus.

In der Tat lässt sich auf Grund solcher äusserlich bereits wahrnehmbaren Verschiedenheiten behaupten, dass ein Teil des untersuchten Materiales ungleich ausgebildet sein muss.

Es liegen z. B. für die gleich alten Exemplare von Lahr entsprechende Angaben vor, aus denen das zu schließen ist, während es an Angaben für die Bäume aus der höheren Lage, aus Todtnau und Kirchzarten, fehlt.

Die beiden gleich alten Exemplare Nr. 4 und Nr. 5 haben z. B. eine ungleiche Höhe und ungleichen Durchmesser.

Exemplar	Höhe	Durchmesser
Nr. 4	12 m	19,8 cm
Nr. 5	14 m	14,5 cm

Da das Längenwachstum ungleich verlaufen ist, und da die Massenproduktion eine ungleiche gewesen ist, so müssen sich beide Exemplare nicht unerheblich verschieden entwickelt haben.

Ebenso geht es mit den anderen Exemplaren von Lahr. Die 37jährigen Exemplare Nr. 2 und Nr. 3 haben folgende Höhe und folgenden Durchmesser:

Exemplar	Höhe	Durchmesser
Nr. 2	10,9 m	9,8 cm
Nr. 3	8,5 m	8,1 cm

Wie bedeutend in der Tat in demselben Bestande die individuellen Differenzen anwachsen können, beweist das Exemplar Nr. 1. In einem Alter von 28 Jahren hat es eine Höhe von 8,4 m und einen Stammdurchmesser von 9,4 cm; es ist also dicker als Nr. 3 und wenig dünner als Nr. 2. Mir scheint, dass der Hinweis auf diese Verhältnisse genügt, um die Ansicht zu begründen, dass die Entwicklung der Exemplare aus demselben Bestande eine

ungleiche gewesen ist, und dass die Verschiedenheit in den Streckungsverhältnissen der Tracheïden in dem nämlichen Jahresringe in Zusammenhang mit diesen Verhältnissen gebracht werden muss. Zu bemerken wäre hierbei noch, dass es sich um Exemplare handelt, welche mitten im Bestande gewachsen waren, und nicht etwa um Randexemplare, welche, wie bekannt,[1] gegenüber den im Innern des Bestandes stehenden Exemplaren sich bedeutend verschieden ausbilden.

Wie meine Zahlen zeigen, sind die Unterschiede zwischen Bäumen von demselben Standorte in der Tracheïdengrösse zum Teil recht bedeutend. Es wird deshalb noch zu prüfen sein, ob diese individuellen Differenzen nicht so bedeutend anwachsen können, dass sie grösser werden als die Differenzen zwischen Exemplaren von verschiedenen Standorten. Auf diesen Punkt beabsichtige ich später noch näher einzugehen. Zugleich werde ich dann von der Einwirkung der verschiedenen Höhenlage und Bestandsart auf die Ausbildung der Tracheïden zu sprechen haben.

Als ich diese Untersuchungen über die individuellen Verschiedenheiten der Exemplare von demselben Standorte bereits ausgeführt hatte, erschien eine Untersuchung von R. Hartig,[2] welcher seine Aufmerksamkeit gleichfalls diesem Punkte geschenkt hat.

Hartig ermittelte das Gewicht des Holzes von 6 Stämmen desselben Bestandes, die 3 Stammklassen angehörten, und fand, dass die Holzgüte der Stämme eine sehr verschiedene ist, und zwar steht sie im engsten Zusammenhange mit den Streckungsverhältnissen der Tracheïden. Seine 6 Probestämme zeigen eine Grösse der Tracheïden, welche mit deren Wuchsgeschwindigkeit korrespondiert und im umgekehrten Verhältnis zur Holzgüte steht. Die Holzgüte wurde aus je 10 Jahresringen ermittelt, die Tracheïdengrösse wurde für den je 10. Ring bestimmt. In welcher Weise die Ermittlung der Tracheïdengrösse geschah, wird nicht erwähnt. Nachstehend lasse ich die Werte für die Grösse des radialen Durchmessers der Tracheïden in der Baumhöhe von 1,3 m nach der Angabe von Hartig folgen:

---

[1] Das Holz der Deutschen Nadelwaldbäume. Kap. IX.

[2] Die Verschiedenheit in der Qualität und im anatomischen Bau des Fichtenholzes. Forstl.-naturwissschaftl. Zeitschrift. 1892. 6. Heft (Juni).

Nummer der Ringe	Exemplar:					
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
20.	0,025	0,021	0,020	0,025	0,019	—
30.	0,029	0,034	0,026	0,026	0,029	0,028
40.	0,036	0,032	0,031	0,025	0,029	0,025
50.	0,032	0,032	0,029	0,025	0,029	0,021
60.	0,034	0,035	0,030	0,026	0,028	0,027
70.	0,033	0,033	0,030	0,025	0,026	0,022
80.	0,032	0,031	0,030	0,024	0,021	0,021
90.	0,030	0,036	0,030	0,022	0,021	0,030
100.	0,030	0,035	0,028	0,024	0,021	0,015
Mittel:	0,031	0,032	0,028	0,025	0,023	0,020

Diese Zahlen zeigen also ebensowenig Übereinstimmung, wie meine eigenen, wenn man alle 6 Stämme miteinander vergleicht. Fasst man sie paarweise zusammen, so ist die Übereinstimmung etwas besser. Ich erblicke aus dem Grunde in den Hartig'schen Zahlen nur eine Bestätigung des von mir oben Auseinandergesetzten.

Ist eine Beziehung zwischen den Streckungsverhältnissen der Tracheïden im Frühlingsholz und der Breite des Ringes, resp. des Flächenzuwachses vorhanden?

In seinen Untersuchungen „Beiträge zur Kenntnis der Jahresringbildung und des Dickenwachstumes" teilt Wieler[1] Beobachtungen mit, welche dartun, dass bei Ricinus communis und Helianthus annuus, wenn unter der Ungunst der Ernährungsverhältnisse die Entwickelung der Pflanzen hinter der normalen zurückblieb, nicht nur die Masse des Holzes, auf dem Querschnitt betrachtet, absolut bedeutend vermindert war, sondern dass auch die Elemente in radialer Richtung weniger gestreckt waren. Auf dieselbe Strecke des Radius entfallen also bei diesen Exemplaren mehr Elemente, als bei normalen Exemplaren. Mit der Verminderung der Holz-

[1] Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot. 1887. Bd. XVIII.

produktion geht demnach eine Verminderung der Streckung der Elemente Hand in Hand. Die beiden Prozesse der Zellbildung und Zellstreckung scheinen in gleichem Sinne von denselben Faktoren beeinflusst zu werden. Wieler verallgemeinerte diese Beobachtung, gestattete sie doch eine Reihe von Erscheinungen verständlich zu machen. Nach Mohl[1] und H. Fischer[2] soll die Breite des Herbstholzes eines Jahresringes bei Nadelhölzern im umgekehrten Verhältnis zur Ringbreite stehen. Werden Zellbildung und Zellstreckung im gleichen Sinne beeinflusst, so müssen auch bei den Koniferen die Elemente um so kleiner werden, je geringer die Gesamtproduktion an Holz ist. Alsdann muss der Anteil des aus weniger gestreckten Elementen bestehenden Holzes am Jahresringe um so grösser werden. Ebenso würden sich die Beobachtungen von Kny[3] und R. Hoffmann[4] erklären, dass bei exzentrisch gebauten Stämmen auf der breiteren Seite grössere Gefässe und weitlumigere Zellen auftreten, dass der Unterschied zwischen dem Holz auf den entgegengesetzten Seiten des Jahresringes so gross werden kann, wie er zwischen Frühlings- und Herbstholz besteht. Mit der geringeren Massenproduktion an Holz bleibt auf der kleinen Seite auch die Streckung der gebildeten Elemente gering.

Zum Gegenstand eingehender Untersuchungen hat Wieler[5] diesen Punkt später für die Kiefer gemacht. Aus seinen Zahlen ergibt sich, dass eine Beziehung zwischen der Ringbreite und dem Tracheïdendurchmesser vorhanden ist. Natürlich ist diese Beziehung keine mathematisch genaue, „sodass jeder kleinen Differenz in der Ringbreite auch eine solche in der Durchmessergrösse der Tracheïden entsprechen muss und umgekehrt. Das ist nicht zu erwarten, da wir gar nicht wissen, in welcher Abhängigkeit die Streckungsverhältnisse von der Ausgiebigkeit des Dickenwachstums

---

[1] Botan. Zeitg. 1862. Seite 228.

[2] Flora 1885. Seite 305.

[3] Über das Dickenwachstum des Holzkörpers in seiner Abhängigkeit von äusseren Einflüssen. Berlin 1882.

[4] Untersuchungen über die Wirkung mechanischer Kräfte auf die Teilung, Anordnung und Ausbildung der Zellen beim Aufbau des Stammes der Laub- und Nadelhölzer. Sondershausen 1885. (Diss.) Seite 8.

[5] Über Beziehungen zwischen dem sekundären Dickenwachstum und den Ernährungsverh. d. Bäume. Tharand. f. J. 1892, Bd. 42.

stehen. Bei geringen Unterschieden in der Ringbreite zweier Exemplare braucht deshalb die Abhängigkeit der Durchmessergrösse von der Ringbreite nicht deutlich hervorzutreten. Bei starken Gegensätzen hingegen ist sie unleugbar."[1] Auch für die Buche besteht nach Wieler[2] diese Abhängigkeit. Allerdings beziehen sich diese Bestimmungen nur auf einige wenige Exemplare und Messungen. Doch beobachtete Wieler das Gleiche an anderen Laubhölzern und zwar an jungen Topfpflanzen von Acer platanoides, Betula alba, Fraxinus excelsior und an Stecklingsexemplaren von Vitis vinifera, Ampelopsis quinquefolia, Ribes rubrum, Populus canadensis und Salix alba.[3]

Da meine Untersuchungen an der Fichte ergeben hatten, dass auch bei ihr der radiale Durchmesser der Tracheïde variabel ist, wünschte ich festzustellen, ob diese Variabilität etwa wie bei den anderen Pflanzen auch bei der Fichte in Zusammenhang steht mit der Ringbreite, resp. dem Flächeninhalt der Ringe. Inzwischen ist hierüber eine Veröffentlichung erschienen. In seinen Untersuchungen „Die Verschiedenheiten in der Qualität und im anatomischen Bau des Fichtenholzes" kommt Hartig[4] zu denselben Ergebnissen wie Wieler: „Sorgfältige Messungen haben die höchst auffallende und wichtige Thatsache dargethan, dass innerhalb desselben gleichaltrigen Waldbestandes die so auffallende Verschiedenheit der Holzgüte in der Grösse der Elementarorgane ihre wichtigste Erklärung finden. Schon vom 20.—30. Lebensjahre an und sicherlich bereits in noch früherem Jugendstadium, mithin in einer Zeit, in welcher alle Klassenstämme des 100jährigen Bestandes zu den dominierenden Individuen gehören, zeigen die 6 Probestämme eine Grösse der Tracheïden, welche mit deren Wuchsgeschwindigkeit korrespondiert und im umgekehrten Verhältnis zur Holzgüte steht. Der erste Klassenstamm besitzt die grössten Tracheïden, der schwächste Stamm die kleinsten."[4] Zunächst möchte ich darauf hinweisen, dass diese Thatsache durchaus nicht so auffallend ist, wie Hartig sie hinstellt. Der Gedanke war klar und präzise von

[1] l. c. p. 97.
[2] l. c. p. 103.
[3] l. c. Abschn. B. Experimentelle Untersuchungen mit Laub- u. Nadelhölzern.
[4] Forstlich-naturwissenschaftliche Zeitschrift. 1. Jahrgang, 1892, 6. Heft. und 228.

Wieler[1] formuliert worden und hatte auch durch ihn bereits eine tatsächliche Begründung gefunden. Es galt also nur die Richtigkeit desselben für die Fichte zu prüfen, für die er demnach gültig zu sein scheint.

Andererseits ist dies Ergebnis der Hartig'schen Untersuchung sehr erfreulich, da es einen bedeutsamen Schritt Hartigs der Wieler'schen Erklärung der Jahresringbildung entgegen bedeutet.

Die Güte des Holzes, d. h. die Schwere desselben, ist umso grösser, je schmäler die Ringe sind — vorausgesesetzt, dass die Breite nicht unter eine bestimmte Grösse herabsinkt, — umso geringer, je breiter sie sind, weil in dem ersteren Falle die Tracheïden verhältnismässig wenig, im zweiten Falle dagegen verhältnismässig bedeutend gestreckt sind.

Für die 6 Klassenstämme desselben gleichaltrigen Waldbestandes hat Hartig das Gewicht aus 10 Ringen ermittelt und die Grösse der Frühlingsholztracheïde für je den 10. Ring bestimmt. Im Folgenden stelle ich die Zahlen für die Scheiben aus der Höhe von 1,3 m zusammen.

Nr. der Bäume	Substanz 100—90 g	Nr. des Ringes 100 mm	Substanz 90—80 g	Nr. des Ringes 90 mm	Substanz 80—70 g	Nr. des Ringes 80 mm	Substanz 70—60 g	Nr. des Ringes 70 mm	Substanz 60—50 g	Nr. des Ringes 60 mm	Substanz 50—40 g	Nr. des Ringes 50 mm	Substanz 40—30 g	Nr. des Ringes 40 mm	Substanz 30—x g	Nr. des Ringes 30 mm
I.	33,1	0,030	33,0	0,030	33,8	0,032	33,2	0,033	38	0,034	37,4	0,032	37,5	0,036	35,3	0,029
II.	32,9	0,035	31,9	0,036	34,6	0,031	33,6	0,033	35,2	0,035	36,6	0,032	33,5	0,032	—	0,034
III.	38,7	0,028	37,0	0,028	36,6	0,030	39,8	0,030	40,8	0,030	36,6	0,029	39,9	0,031	39,9	0,026
IV.	49,8	0,024	47,8	0,022	47,9	0,024	45,9	0,025	44,1	0,026	46,1	0,025	44,4	0,025	44,8	0,026
V.	—	0,021	45,5	0,021	45,0	0,021	42,1	0,026	41	0,028	41,1	0,026	44,2	0,029	38,8	0,029
VI.	—	0,015	58,4	0,020	55,5	0,021	49,9	0,022	49	0,027	47,1	0,021	46,4	0,025	45,7	0,028

Diese Zahlen zeigen, dass eine Beziehung zwischen der Streckung der Tracheïden in radialer Richtung und dem Gewichte des Holzes in den Hauptzügen besteht. Eine direkte Abhängigkeit in jedem Falle ist nicht vorhanden, doch darf hierbei nicht unberücksichtigt

[1] Beiträge zur Kenntnis des Dickenwachstums. Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot., XVIII, Heft 1, 1887. — Über die Ursachen der Jahresringbildung der Pflanzen. Forstwiss. Zentralblatt, X, 1889. — Über die Abhängigkeit der Jahresringbildung von den Ernährungsverhältnissen. Allgem. Forst- u. Jagdztg., Mai 1891. — Über Beziehungen zwischen dem sekundären Dickenwachstum und den Ernährungsverhältnissen der Bäume. Tharand. forstl. Jahrb., Bd. 42.

Jahres-ring:	2			7.			12.			17.			22.			27.			32.		
Nummer der Bäume	absolute Grösse der			absolute Grösse der			absolute Grösse der			absolute Grösse der			absolute Grösse der			absolute Grösse der			absolute Grösse der		
	F.T.	Ring-breite	H.T.	F.T.	Ring-breite	H.T.	F.T	Ring-breite	H.T.	F.T.	Ring-breite	H.T.	F.T.	Ring-breite	H.T.	F.T.	Ring-breite	H.T.	F.T.	Ring-breite	H.T.
1	0,028	—	—	0,040	—	—	0,057	—	—	0,043	—	—	0,040	—	—	0,038	—	—	—	—	—
	—	2,00	—	—	1,10	—	—	0,70	—	—	2,80	—	—	1,60	—	—	1,20	—	—	—	—
	—	—	0,018	—	—	0,018	—	—	0,017	—	—	0,021	—	—	0,021	—	—	0,022	—	—	—
2	0,018	—	—	0,027	—	—	0,026	—	—	0,030	—	—	0,024	—	—	0,029	—	—	0,034	—	—
	—	1,59	—	—	1,34	—	—	1,30	—	—	0,90	—	—	0,51	—	—	2,10	—	—	2,00	—
	—	—	0,015	—	—	0,016	—	—	0,018	—	—	0,018	—	—	0,018	—	—	0,018	—	—	0,019
3	0,018	—	—	0,029	—	—	0,030	—	—	0,032	—	—	0,027	—	—	0,030	—	—	0,031	—	—
	—	1,02	—	—	2,20	—	—	1,10	—	—	0,50	—	—	0,25	—	—	0,92	—	—	1,00	—
	—	—	0,016	—	—	0,018	—	—	0,017	—	—	0,017	—	—	0,016	—	—	0,016	—	—	0,018
4	0,023	—	—	0,032	—	—	0,029	—	—	0,020	—	—	0,033	—	—	0,036	—	—	0,032	—	—
	—	1,60	—	—	1,40	—	—	0,90	—	—	0,39	—	—	1,20	—	—	3,40	—	—	6,40	—
	—	—	0,016	—	—	0,016	—	—	0,021	—	—	0,018	—	—	0,020	—	—	0,019	—	—	0,016
5	0,019	—	—	0,027	—	—	0,033	—	—	0,030	—	—	0,035	—	—	0,038	—	—	0,037	—	—
	—	1,10	—	—	2,50	—	—	1,10	—	—	1,40	—	—	2,90	—	—	3,40	—	—	4,10	—
	—	—	0,016	—	—	0,016	—	—	0,019	—	—	0,019	—	—	0,020	—	—	0,019	—	—	0,017
6	0,021	—	—	0,034	—	—	0,036	—	—	0,040	—	—	0,036	—	—	0 036	—	—	0,037	—	—
	—	2,10	—	—	2,90	—	—	3,10	—	—	3,90	—	—	3,70	—	—	2,30	—	—	2,70	—
	—	—	0,016	—	—	0,018	—	—	0,018	—	—	0,016	—	—	0,016	—	—	0,017	—	—	0,018
7	0,019	—	—	0,030	—	—	0,034	—	—	0,036	—	—	0,036	—	—	0,034	—	—	0,039	—	—
	—	1,10	—	—	3,00	—	—	2,80	—	—	2,20	—	—	1,90	—	—	2,00	—	—	2,00	—
	—	—	0,027	—	—	0,016	—	—	0,020	—	—	0,018	—	—	0,021	—	—	0,021	—	—	0,020
8	0,017	—	—	0,019	—	—	0,028	—	—	0,026	—	—	0,031	—	—	0,031	—	—	0,026	—	—
	—	1,305	—	—	1,10	—	—	1,30	—	—	1,10	—	—	1,45	—	—	1,50	—	—	0,63	—
	—	—	0,018	—	—	0,013	—	—	0,016	—	—	0,013	—	—	0,016	—	—	0,016	—	—	0,016
9	0,016	—	—	0,021	—	—	0,025	—	—	0,028	—	—	0,021	—	—	0,032	—	—	0,033	—	—
	—	0,55	—	—	1,40	—	—	0,93	—	—	2,29	—	—	2,60	—	—	2,50	—	—	1,20	—
	—	—	0,013	—	—	0,016	—	—	0,014	—	—	0,016	—	—	0,016	—	—	0,015	—	—	0,017
10	0,023	—	—	0,029	—	—	0,033	—	—	0,034	—	—	0,033	—	—	0,039	—	—	0,036	—	—
	—	1,20	—	—	2,10	—	—	2,00	—	—	2,00	—	—	1,50	—	—	1,70	—	—	2,40	—
	—	—	0,016	—	—	0,016	—	—	0,018	—	—	0,018	—	—	0,018	—	—	0,019	—	—	0,017
11	0,017	—	—	0,015	—	—	0,024	—	—	0,025	—	—	0,037	—	—	0,037	—	—	0,037	—	—
	—	0,67	—	—	0,16	—	—	1,16	—	—	1,10	—	—	2,00	—	—	1,60	—	—	3,00	—
	—	—	0,014	—	—	0,013	—	—	0,016	—	—	0,016	—	—	0,017	—	—	0,016	—	—	0,015
12	0,018	—	—	0,023	—	—	0,030	—	—	0,033	—	—	0,039	—	—	0,036	—	—	0,036	—	—
	—	1,01	—	—	2,20	—	—	2,10	—	—	2,70	—	—	2,50	—	—	2,00	—	—	2,00	—
	—	—	0,013	—	—	0,014	—	—	0,015	—	—	0,015	—	—	0,017	—	—	0,015	—	—	0,016
13	0,019	—	—	0,023	—	—	0,027	—	—	0,037	—	—	0,034	—	—	0,037	—	—	0,040	—	—
	—	0,53	—	—	1,24	—	—	1,00	—	—	0,91	—	—	2,45	—	—	5,00	—	—	3,00	—
	—	—	0,010	—	—	0,015	—	—	0,016	—	—	0,016	—	—	0,016	—	—	0,018	—	—	0,017
14	0,016	—	—	0 022	—	—	0,026	—	—	0,026	—	—	0,027	—	—	0,027	—	—	0,032	—	—
	—	0,74	—	—	1,20	—	—	0,92	—	—	1,10	—	—	1,88	—	—	1,70	—	—	1,60	—
		—	0,013	—	—	0,016	—	—	0,014	—	—	0,016	—	—	0,015	—	—	0,018	—	—	0,018

37.		42.			47.			52.			57.			62.			67.			72.		
bsolute Grösse der		absolute Grösse der			absolute Grösse der			absolute Grösse der			absolute Grösse der			absolute Grösse der			absolute Grösse der			absolute Grösse der		
Ring-breite	H.T.	F.T.	Ring-breite	H.T.	F.T.	Ring-breite	H.T.	F.T.	Ring-breite	H.T.	F.T.	Ring-breite	H.T.	F.T.	Ring-breite	H.T.	F.T.	Ring-breite	H.T.	F.T.	Ring-breite	H.T.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	0,019	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	0,017	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	0,018	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	0,040	—	—	0,041	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,00	—	—	2,10	—	—	1,60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	0,021	—	—	0,018	—	—	0,018	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	0,032	—	—	0,030	—	—	0,037	—	—	0,031	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,41	—	—	1,90	—	—	0,808	—	—	0,84	—	—	0,807	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	0,017	—	—	0,016	—	—	0,017	—	—	0,017	—	—	0,017	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	0,032	—	—	0,034	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,50	—	—	1,90	—	—	1,46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	0,016	—	—	0,016	—	—	0,018	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	0,037	—	—	0,034	—	—	0,035	—	—	0,036	—	—	0,034	—	—	—	—	—	—	—	—
1,50	—	—	2.00	—	—	1,60	—	—	1,57	—	—	1,74	—	—	0,65	—	—	—	—	—	—	—
—	0,018	—	—	0,018	—	—	0,019	—	—	0,018	—	—	0,017	—	—	0,017	—	—	—	—	—	—
—	—	0,036	—	—	0,033	—	—	0,027	—	—	0,035	—	—	0,031	—	—	—	—	—	—	—	—
1,40	—	—	1,50	—	—	1,00	—	—	0,78	—	—	1,90	—	—	1,11	—	—	—	—	—	—	—
—	0,016	—	—	0,015	—	—	0,016	—	—	0,015	—	—	0,016	—	—	0,018	—	—	—	—	—	—
—	—	0,037	—	—	0,038	—	—	0,037	—	—	0,035	—	—	0,036	—	—	0,034	—	—	0,036	—	—
2,50	—	—	1,50	—	—	1,00	—	—	1,00	—	—	0,60	—	—	0,85	—	—	0,55	—	—	0,50	—
—	0,016	—	—	0,016	—	—	0,017	—	—	0,019	—	—	0,016	—	—	0,017	—	—	0,015	—	—	0,017
—	—	0,037	—	—	0,040	—	—	0,036	—	—	0,037	—	—	0,037	—	—	—	—	—	—	—	—
2,10	—	—	1,60	—	—	2,06	—	—	1,02	—	—	0,66	—	—	0,45	—	—	—	—	—	—	—
—	0,017	—	—	0,017	—	—	0,017	—	—	0,019	—	—	0,018	—	—	0,017	—	—	—	—	—	—
—	—	0,026	—	—	0,027	—	—	0,023	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,60	—	—	0,68	—	—	0,47	—	—	0,17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	0,015	—	—	0,014	—	—	0,016	—	—	0,015	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

[illegible]

[illegible]

[illegible]

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Proportionalität zwischen beiden Vorgängen nicht erwarten dürfte. Immerhin tritt die Proportionalität noch schärfer bei der Kiefer, als bei der Fichte hervor. Auf den ersten Blick scheint die Übereinstimmung so gering, dass man geneigt sein könnte, an einer Beziehung zwischen Ringbreite und Grösse des radialen Tracheïdendurchmessers für die Fichte zu zweifeln. Um nun zu zeigen, dass in der Tat die von mir in der vorstehenden Tabelle zusammengestellten Zahlen noch durchaus keinen endgültigen Einwurf gegen die Wieler'sche Auffassung, welche in seinen Untersuchungen über die Kiefer doch eine unzweifelhafte Stütze hat, enthält, so wird es sich empfehlen, sich etwas näher mit obigen Zahlen zu beschäftigen. Eine gründliche Prüfung der Zahlen wird erkennen lassen, in welchem Masse die vorausgesetzte Regel nicht zutrifft, und wird ferner vielleicht einen Wink geben, wie sich das von der Regel abweichende Verhalten erklären lässt.

Es wurde schon oben darauf hingewiesen, dass eine direkte Proportionalität zwischen Ringbreite und den Streckungsverhältnissen der Tracheïden nicht vorhanden ist. Breite Ringe können in ihren Dimensionen nicht unerheblich schwanken, ohne dass sich das in der Tracheïdengrösse ausspricht. So haben wir z. B. Ringe von sehr verschiedener Breite und gleicher Tracheïdengrösse.

Beispielsweise hat der 27. Ring bei

Nummer des Baums	Ringbreite cm	Radialer Durchmesser der Tracheïden
1	1,2	0,038 mm
5	3,4	0,038 „
11	1,6	0,037 „
13	5,0	0,036 „

Nun könnte vielleicht der Einwand erhoben werden, dass, wenn die Streckungsverhältnisse der Tracheïden als eine Funktion des Gesamtdickenwachstums aufgefasst werden, die Ringbreite hier nicht der richtige Massstab zum Vergleich sei, indem die Energie des Wachstums selbst bei gleicher Ringbreite bei Individuen verschiedener Durchmesser sehr ungleich sein kann. Es müsste als richtiger Massstab der Flächeninhalt der betreffenden Ringe gelten. Vergleichen wir für den 27. Ring in den 4 aufgeführten Exemplaren die Flächeninhalte, so ergibt das folgende Grössen:

Baum Nr. 1 305 □mm Flächeninhalt des Ringes
„ „ 5 914 „ „ „ „
„ „ 11 323 „ „ „ „
„ „ 13 1366 „ „ „ „

Die paarweise mit einander zu vergleichenden Zahlen liefern genau dieselben Resultate, wie die Ringbreite. In Nr. 5 ist der Flächeninhalt 3 mal so gross als in Nr. 1, in Nr. 13 etwas über 4 mal so gross als in Nr. 11. Der Mangel an Proportionalität tritt also bei Berücksichtigung des Flächeninhaltes zum Teil noch schärfer hervor, als in der Ringbreite.

Eine Abhängigkeit der Streckungsverhältnisse von der Ringbreite macht sich nur fühlbar, wenn die letztere gering ist, wenn sie überhaupt unter eine gewisse Grösse herabsinkt. Im Folgenden mögen zum Beleg für diese Behauptung einige Beispiele aufgeführt werden.

Nummer der Bäume	Nummer der Ringe	Breite der Ringe	Tracheïdengrösse	zu erwartende Tracheïdengrösse
2	22	0,51 mm	0,024 mm	zwischen 0,03 u. 0,034
3	22	0,25 „	0,027 „	0,032
4	17	0,39 „	0,020 „	„ 0,029 u. 0,032
8	32	0,63 „	0,026 „	„ 0,031 u. 0,032
8	37	0,41 „	0,026 „	
10	62	0,65 „	0,034 „	0,039
11	7	0,16 „	0,015 „	„ 0,017 u. 0,024
14	42	0,63 „	0,026 „	0,032
14	47	0,47 „	0,027 „	0,032
14	52	0,17 „	0,023 „	0,032

Diese Tabelle wurde in der Weise auf Grund der früher erörterten Tatsachen aufgestellt, dass eine allmähliche Zunahme des Tracheïdendurchmessers mit zunehmendem Alter der Ringe bis zur Erreichung einer konstanten Grösse stattfindet. In der letzten Rubrik rechts steht die Zahl, welche bei normalem Verlaufe des Wachstums erwartet werden durfte. Die anderen Rubriken sind bereits aus den Überschriften leicht verständlich. Von links nach rechts folgen aufeinander: Nummer der Exemplare, Ringnummer, Ringbreite, Grösse der Frühlingsholztracheïden.

Das Ergebnis meiner Tabelle ändert sich nicht, wenn an Stelle

der Ringbreite der Flächeninhalt der betreffenden Ringe gesetzt wird. Mit der kleinen Ringbreite korrespondiert der kleine Flächeninhalt. Nach obiger Zusammenstellung scheint ja in der Tat in sehr schmalen Ringen die Streckung der Tracheïden in radialer Richtung gering zu bleiben. Eine absolute Grösse für die Ringbreite, resp. den Flächeninhalt, bei welchem sich das Auftreten kleiner Tracheïden bemerkbar macht, kann nicht angegeben werden. Ja im Gegenteil; mustert man die Tabellen auf Seite 20—23 sorgfältig durch, so findet man verhältnismässig kleine Ringe mit grossen Frühlingsholztracheïden, wie z. B. in Nr. 12 Ring 67—107. Freilich kommen auch hier Schwankungen in der Tracheïdengrösse vor, aber sie korrespondieren nicht mit der Grösse der Ringbreite.

Betrachtet man vorurteilsfrei diese Ergebnisse, so muss man anerkennen, dass sie streng genommen nicht zugunsten der Ansicht, dass eine Abhängigkeit der Streckungsverhältnisse von der Ringbreite vorhanden ist, sprechen.

Dennoch würde ich es für übereilt halten, aus den Ergebnissen meiner Untersuchungen zu schliessen, dass eine Beziehung zwischen der Ringbreite, d. h. dem Gesamtwachstum und den Streckungsverhältnissen der Tracheïden nicht vorhanden ist.

Bisher habe ich die Proportionalität zwischen den Streckungsverhältnissen der Tracheïden und der Ringbreite stets nur zwischen den ersten Frühlingsholztracheïden und der Ringbreite gesucht. Nun ist es aber sehr fraglich, ob sich die Ringbreite ausschliesslich in diesen ersten Elementen bemerkbar machen muss. Der Gedanke, welcher dieser ganzen Vorstellung zugrunde liegt, ist der, dass mit geringem Gesamtwachstum der Ring schmäler wird, und dass die veränderte Wachstumsenergie sich auch in der Verminderung der Streckung der Tracheïden fühlbar macht. Die Intensität des Gesamtwachstums soll demnach abhängen von den Vegetationsfaktoren, und in dem Masse, wie diese auf das Gesamtwachstum einwirken, müssten sie auch in den Streckungsverhältnissen zur Geltung kommen. Wie das Gesamtwachstum im Laufe einer Vegetationsperiode sich gestaltet, ist bis jetzt noch unbekannt. Die wenigen Untersuchungen, welche hierüber vorliegen, sind zur Begründung einer allgemeinen Regel oder Gesetzmässigkeit durchaus unzureichend. Es fehlt deshalb ganz und gar an einer sicheren Vorstellung, ob etwa das Dickenwachstum eine analoge Periode aufweist, wie das Längenwachstum.

Die Angaben von Mischke[1] für die Fichte zur Begründung einer derartigen Periodizität sind nicht ausreichend. Sollte sie existieren, so muss doch erwartet werden, dass sie in hohem Masse von den äusseren Einflüssen berührt und modifiziert wird. Es brauchen aber die Verhältnisse, welche eventuell dazu führen, dass nur ein schmaler Ring gebildet wird, noch durchaus nicht im Beginn der Holzbildung zur Geltung zu kommen. Es könnte sein, dass in einem breiten und einem relativ schmalen Ringe die ersten Frühlingsholztracheïden unter denselben Vegetationsbedingungen entstanden sind, und dass erst nach ihrer Bildung die Verhältnisse sich derartig verändert haben, dass das eine Exemplar ein ausgiebiges Dickenwachstum, das andere dagegen nur noch ein geringes aufweist. Wir können uns diese beiden Jahresringe so aus zwei Zonen zusammengesetzt denken, dass in dem einen Exemplar sich zwei Zonen mit kräftigem Wachstum verbinden, in dem anderen Exemplar sich an den Ring mit kräftigem Wachstum ein solcher mit mässigem Wachstum anschliesst. Wir würden also zwei Jahresringe erhalten, von denen der eine breit, der andere schmal ist, mit gleicher Tracheïdengrösse im Frühjahrsholz. So scheinen die Streckungsverhältnisse des radialen Tracheïdendurchmessers nicht mit der Jahresringbreite zu korrespondieren. In jeder einzelnen Zone hingegen würde die Streckung mit der Ausgiebigkeit des Wachstums korrespondieren.

Wären diese Erwägungen falsch, so müsste die Zahl der in einem Radius hinter einander liegenden Tracheïden in einer bestimmten Abhängigkeit von der Ringbreite stehen. Hätte z. B. ein Ring von 1 mm Breite 42 hinter einander liegende Tracheïden im Radius, so müsste ein Ring von 2 mm Breite 84 Tracheïden enthalten. Ein solches Verhalten würde auf das Deutlichste zeigen, dass eine Abhängigkeit der Zellstreckung von der Zellbildung nicht existiert. Wie es hiermit steht, ist bisher vollständig unbekannt. Um darüber eine Vorstellung zu gewinnen, habe ich in einem Exemplar von Tharand, das unter Druck gewachsen war und nicht unter den von mir bei dem Abschnitt „Material“ aufgeführten Tharander Exemplaren verzeichnet ist, in einer Reihe von Ringen

[1] Beobachtungen über das Dickenwachstum der Koniferen. Bot. Centralblatt 1890, 44. Bd., Nr. 5 und Nr. 6.

verschiedener Breite die Zahl der Tracheïden ermittelt, welche auf die Ringbreite entfallen, denn bei einer Abhängigkeit der Streckung von der Zellbildung muss die Zahl der Tracheïden im umgekehrten Verhältnis zur Ringbreite stehen.

In der folgenden Tabelle stehen in der ersten Spalte die Ringnummern, in der zweiten die Ringbreiten, in der dritten die Anzahl der Tracheïden, welche auf die Ringbreite entfallen. Um diese Werte miteinander vergleichen zu können, war es notwendig, sie alle auf die gleiche Ringbreite zu berechnen. In der vierten Spalte ist die Anzahl Tracheïden aufgeführt, welche auf eine Ringbreite von 1 mm entfallen würde. Daneben befindet sich in der letzten Spalte die durchschnittliche Grösse der Tracheïden in dem Jahresring, berechnet aus der Zahl der Tracheïden und der Ringbreite.

Nummer der Ringe	Breite der Ringe mm	Zahl der Tracheïden	Zahl der Tracheïden auf 1 mm	Durchschnittliche Grösse der Tracheïden mm
2	0,549	39	70	0,014
4	0,531	34	64	0,016
5	0,403	27	66	0,015
6	0,539	29	53	0,019
9	0,321	17	54	0,018
10	0,392	21	55	0,018
15	0,415	23	56	0,018
16	0,293	16	54	0,018
19	0,188	11	57	0,018
20	0,243	13	52	0,019
24	0,707	36	51	0,020
25	1,05	43	41	0,024

In dieser Tabelle erreicht die Ringbreite zum Teil recht geringe Werte, in Nr. 19 z. B. 0,188 mm, doch ist die Tracheïde hier durchaus noch nicht am kleinsten, vielmehr treffen wir kleinere Werte an im 2., 4. und 5. Ringe, trotzdem hier die Ringbreite doppelt bis dreifach so gross ist. Dies Resultat kann nicht überraschen, da wir oben gesehen hatten, dass mit zunehmendem Alter der Ringe die Tendenz zum Anwachsen des radialen Tracheïdendurchmessers vorhanden ist. Daraus lässt sich in befriedigender Weise der Unterschied in der Streckungsgrösse der Tracheïden in den Ringen 2, 4 und 5 einerseits und 19 andererseits erklären. Der verhältnis-

mässig hohe Wert von 0,020 und 0,024 mm im 24. und 25. Ring kommt auf Rechnung der grösseren Ringbreite und der allgemeinen Tendenz zur Grössenzunahme des Tracheïdendurchmessers. Unerklärt bleibt der Wert von 0,019 im 6. und 20. Ringe. Die Ringe 9, 10, 15, 16, 19 würden darauf hindeuten, dass bei schmalen Ringen der Wert des durchschnittlichen Tracheïdendurchmessers konstant bleibt, wenn diese Ringbreite innerhalb gewisser Grenzen schwankt — 0,188—0,415 mm — und die Zahl der Tracheïden auch in den einzelnen Ringen um geringe Werte schwanken kann.

Es scheint ferner daraus hervorzugehen, dass mit der Zunahme der Ringbreite die Tracheïdenzahl verhältnismässig gering wird, wie sich aus den Ringen 24 und 25 deutlich ergibt.

Wenn in meiner Zusammenstellung nicht die Ringe 6 und 20 mit dem Wert 0,019 und der Tracheïdenzahl 53 und 52 vorkämen, würde man unbedingt eine Bestätigung für die Anschauung herauslesen, dass die Streckung in Abhängigkeit von der Ringbreite steht.

Um die Widersprüche, welche zwischen diesen Zahlen und den Ergebnissen der Tabellen auf Seite 50 in diesem Abschnitt bestehen, zu heben, habe ich analoge Ermittlungen noch für einige Exemplare mehr ausgeführt, und zwar für Exemplare mit relativ breiten Ringen im Gegensatz zu dem schmalringigen Tharander Exemplar. Ich wählte dazu die Exemplare 2, 3 und 4.

Nummer der Ringe	Nr. 3				Nr. 2				Nr. 4			
	B.[1] mm	G.[2] mm	A.[3]	M.[4]	B. mm	G. mm	A.	M.	B. mm	G. mm	A.	M.
2	0,875	0,017	50	59	1,40	0,019	73	52	2,12	0,024	92	43
7	2,60	0,026	101	39	1,92	0,026	73	38	1,70	0,029	59	35
12	0,87	0,022	39	45	1,53	0,025	61	40	0,73	0,023	32	44
17	0,465	0,024	20	42	0,29	0,019	15	52	0,29	0,019	15	52
22	0,35	0,019	18	52	0,09	0,017	6	60	0,77	0,023	34	44
27	1,115	0,021	53	47	1,04	0,021	48	47	3,40	0,031	124	32
32	0,86	0,024	36	42	1,675	0,027	62	37	6,40	0,026	269	38

[1] B. = wirkliche Breite der Jahresringe.
[2] G. = durchschnittliche Grösse der Tracheïden.
[3] A. = Anzahl der Tracheïden.
[4] M. = Anzahl der Tracheïden, berechnet auf 1 mm.

Bei dieser Zusammenstellung ergibt sich für das Exemplar Nr. 3 die verhältnismässig geringste Zahl Tracheïden 39 im breitesten Ringe — 2,6 mm —, aber die Zahl nimmt mit abnehmender Ringbreite nicht konstant zu; 42 Tracheïden bei der Ringbreite 0,47 und 0,86 mm; 47 Tracheïden sind vorhanden im 27. Ringe, obgleich die Ringbreite 1,115 beträgt, also bedeutend grösser ist, als bei den vorhergehenden Ringen. Freilich ist das nicht die grösste Zahl, welche bei den Exemplaren überhaupt vorkommt, denn 59 finden wir im 2. Ringe. Doch macht sich hier ebenso, wie in den 45 Tracheïden im 12. Ringe mit 0,87 Ringbreite die ungleiche Grösse der Tracheïden in ungleich alten Ringen fühlbar.

Günstiger gestalten sich die Verhältnisse für Nr. 4. Die grösste Tracheïdenzahl ist im schmalsten Ringe 0,29 mm, eine etwas kleinere Zahl in den nächstgrösseren Ringen 0,73 und 0,77 mm vorhanden. Zu gross dagegen fällt aus den für Nr. 3 angegebenen Gründen die Zahl für den 2. Ring aus. Ebenso scheint die Zahl 38 im 32. Ring bei einer Ringbreite von 6,4 mm als zu gross, da bei 3,4 mm Breite nur 32 Tracheiden vorhanden sind. 1,70 mm mit 35, 3,4 mm mit 32 Tracheïden lassen eine befriedigende Korrespondenz erkennen.

Ebenso günstig liegen die Verhältnisse bei Nr. 2. Wenn wir vom 2. Ring absehen, so wird die Tracheïdenzahl mit zunehmender Ringbreite stetig kleiner.

Ringbreite	Tracheïdenzahl
0,09 mm	60
0,29 „	52
1,04 „	47
1,53 „	40
1,675 „	37
1,92 „	38

Im 32. Ring ist der Wert ein klein wenig zu niedrig.

Bisher habe ich ohne Rücksicht auf das Alter der Ringe die Breite und die Tracheïdengrösse mit einander verglichen. Vielleicht könnte man zu glauben geneigt sein, dass die Abweichungen von der vorausgesetzten Regel daher rühren, dass die Pflanze die Tendenz besitzt, mit zunehmendem Alter die Tracheïden zu vergrössern. Alsdann müsste allerdings die Zahl der auf einen Ring von gleicher Breite entfallenden Tracheïden je nach dem Alter der Ringe ungleich gross

sein. Vergleichen wir deshalb noch an meinen 3 Exemplaren die gleichzähligen Ringe, um zu sehen, ob alsdann noch die Proportionalität zwischen Ringbreite und Tracheïdenzahl in voller Schärfe hervortritt. Meine 3 Exemplare eignen sich hierzu besonders gut, da sie gleichaltrig sind, die Ringnummern sich also bei allen mit den gleichen Vegetationsperioden decken, Störungen infolge der etwaigen ungleichen Witterungsverhältnisse ausgeschlossen sind. Der bequemeren Übersicht wegen stelle ich die Ringbreite und die Zahl der auf eine Ringbreite von 1 mm berechneten Tracheïden noch einmal in etwas anderer Anordnung in folgender Tabelle zusammen.

Jahresringe	2.		7.		12.		17.		22.		27.		32.	
Nummer der Bäume	wirkliche Breite der Jahresringe mm	Anzahl der Tracheïden	wirkliche Breite der Jahresringe mm	Anzahl der Tracheïden	wirkliche Breite der Jahresringe mm	Anzahl der Tracheïden	wirkliche Breite der Jahresringe mm	Anzahl der Tracheïden	wirkliche Breite der Jahresringe mm	Anzahl der Tracheïden	wirkliche Breite der Jahresringe mm	Anzahl der Tracheïden	wirkliche Breite der Jahresringe mm	Anzahl der Tracheïden
2	1.40	52	1,92	38	1,53	40	0,29	52	0.09	60	1,04	47	1,675	37
3	0,875	59	2,60	39	0,87	45	0,465	42	0.35	52	1,115	47	0,862	42
4	2,12	43	1,70	35	0,73	44	0,29	52	0,77	44	3,82	32	7,01	38

Die Tabelle erstreckt sich über 7 Ringe. Vergleichen wir in jedem Ringe die 3 Exemplare mit einander, so ergibt sich für den 2., 12, 17., 22. und 27. Ring, dass mit zunehmender Ringbreite die Zahl der Tracheïden auf derselben Strecke verhältnismässig gering wird, wenn ich die Zahlen nach wachsender Ringbreite unter den einzelnen Ringen aufführe.

2. Ring	12. Ring	17. Ring	22. Ring	27. Ring
59	44	52	60	47
52	45	52	52	47
43	40	42	44	32

Die Zunahme von 44 auf 45 im 12. Ring darf als unwesentlich ausser Beachtung bleiben. Die Ringbreite beider ist nahezu gleich, 0,73 und 0,87 mm. Dagegen stimmen die Verhältnisse sehr schlecht für den 7. und 32. Ring.

7. Ring	32. Ring
35	42
38	37
39	38

Es scheint demnach, als wenn auch dann, wenn man die Zahl der Tracheïden auf der Ringbreite in Beziehung setzt zu dieser, auch keine direkte Proportionalität zwischen Zellvermehrung und Zellstreckung vorhanden ist. Bei gleicher Ringbreite wechselt die Zahl der Tracheïden beträchtlich. Es wäre aber voreilig, hieraus folgern zu wollen, dass eine derartige Proportionalität nicht vorhanden ist. Hält man sich an die oben entwickelte Anschauung, dass man sich den Ring aus verschiedenen Zonen ungleich intensiven Wachstums zusammengesetzt denken kann, so lässt sich dies scheinbar mit meiner Grundauffassung im Widerspruch stehende Resultat dennoch vielleicht erklären. Die Zahl der auf die Ringbreite entfallenden Tracheïden müsste in einer direkten Proportionalität zur Ringbreite stehen, wenn die Zonen ungleichen Wachstums sich an dem Aufbau der Ringe gleicher Breite stets in demselben Verhältnis beteiligten. Das braucht aber nicht der Fall zu sein. Setze ich voraus, dass eine strenge Proportionalität zwischen Zellvermehrung und Zellstreckung vorhanden ist, so muss ich eine ungleiche Zahl von Tracheïden bei gleicher Ringbreite erhalten, wenn die Zonen verschiedener Wachstumsintensität, welche den Jahresring aufbauen sollen, verschiedene Breite besitzen. Die Sache soll durch ein Beispiel erläutert werden.

In Nr. 3 entfallen im 7. Jahresringe auf die Breite des Ringes von 2,6 mm 101 Tracheïden. Daraus ergibt sich der durchschnittliche Wert der Tracheïde zu 0,026 mm. Nimmt man an, der Ring bestehe aus typischen Frühlings- und Herbstholzzellen, von der Grösse 0,029 und 0,018 mm (s. S. 20), so würde man im Ringe 74 Frühlingsholztracheïden und 27 Herbstholztracheïden haben. Dann ist die Breite der Frühlingsholzzone 2,15, die der Herbstholzzone 0,45 mm. Im Gegensatz zu diesem Fall soll nun angenommen werden, dass in einem anderen Ringe bei gleicher Breite die Zone intensiveren Wachstums schmäler ist — es wird in diesen Fällen intensives Wachstum mit Frühlingsholz-, weniger intensives Wachstum mit Herbstholzbildung gleich gesetzt — dort

sollen z. B. nur 60 Frühlingsholztracheïden gebildet werden. Die Zone geringeren Wachstums ist demnach grösser als vorher bei gleicher Ringbreite und gleicher Tracheïdengrösse. Die Zone des Frühlingsholzes ist 1,74, die des Herbstholzes 0,86 mm breit und enthält 48 Herbstholztracheïden. Berechnet man in beiden Fällen, ebenso wie ich das bisher in meinen Tabellen ausgeführt habe, die Zahl der Tracheïden, welche auf die Strecke von 1 mm entfallen würden, so erhält man 39 und 42 Tracheïden. Man erhält also geringe Differenzen, wie ich sie in meinen Tabellen in Ringen von annähernd der gleichen Breite öfters zu beobachten Gelegenheit hatte. Auf diese Weise liessen sich zwanglos unter Festhaltung des Prinzipes der Abhängigkeit der Streckung von der Zellvermehrung jene Fälle erklären, welche scheinbar Ausnahmen von meiner Regel sind. Die Vernachlässigung des Umstandes, dass die Herbstholzelemente allmählich kleiner werden, hat auf das Ergebnis dieser Erwägungen keinen Einfluss.

Verweile ich noch einen Augenblick bei meinem Beispiel und nehme ich an, es werden 60 Frühlingsholztracheïden gebildet, aber während der Zeit der Herbstholzbildung entstünden nur 27 Herbstholztracheïden, indem die Zone des ganzen Wachstums weniger lang andauert als in dem vorhergehenden Beispiel. Unter Zugrundelegung derselben Werte für Frühlings- und Herbstholztracheïden erhalte ich also einen schmäleren Ring, der 2,23 mm breit ist und 87 Tracheïden enthält; in diesem Ringe würden 39 Tracheïden auf einen Ring von der Breite eines Millimeters entfallen. Dieser Fall zeigt also deutlich, wie bei ungleicher Ringbreite dennoch die gleiche Anzahl von Tracheïden auf einen Ring von einem Millimeter Breite entfallen kann. In meinem Beispiel war der eine Ring 2,6, der andere 2,23 mm breit. In der Tabelle auf Seite 56 hat im 27. Ring das Exemplar Nr. 3 bei einer Ringbreite von 1,115 dieselbe Anzahl auf 1 mm, wie in Exemplar Nr. 2 der gleiche Ring bei einer Breite von 1,04 mm. Analoge Differenzen bei gleicher Tracheïdenzahl sehen wir auf S. 53 in der Tabelle für den 9. und 16. Ring eines Tharander Exemplares, wo die Ringbreiten 0,39 und 0,29 mm betragen. Derartige Differenzen finden in meinem zum Teil hypothetischen Beispiele eine befriedigende Erklärung, so dass die von mir gemachte Voraussetzung, es bestehe im Jahresring ein Wechsel von Zonen ungleichen Wachstums, in denen

Zellstreckung und Zellvermehrung gleichsinnig verlaufen, sehr wahrscheinlich mit den Tatsachen übereinstimmt.

Indem ich die Ursachen für diese Erscheinung vor der Hand ausser acht lasse und mich nur an Thatsachen halte, so kann ich doch schon aus denselben den Schluss ziehen, dass meine Ansicht von dem Wechsel von Zonen ungleichen Wachstums durchaus nicht unbegründet ist. Das Verhältnis zwischen Frühlingsholz und Herbstholz, wenn es aus der Tracheïdenzahl ermittelt wird, unterliegt bedeutenden Schwankungen. Auf Seite 66 werden einige nähere Angaben darüber folgen. Der Begriff Herbstholz bezieht sich in diesen Fällen immer auf die Streckungsverhältnisse. Auf 100 vorhandene Tracheïden entfallen 38, 33, 37, 38, 40, 53, 60 Herbstholztracheïden.

Es spricht ferner zu gunsten meiner Auffassung das Auftreten falscher Jahresringe, in denen auf die zweite Zone, die Zone des geringeren Wachstums, wieder eine Zone intensiven Wachstums folgt. Derartige falsche Ringe, oder ein Ansatz zu solchen, habe ich bei meinen Untersuchungen mehrfach beobachten können.

Ob meine Ansicht richtig ist, lässt sich weder aus meinem Material noch aus den in der Literatur vorhandenen Angaben entscheiden. Dazu sind besondere Untersuchungen erforderlich. Diese werden die Frage prinzipiell zu entscheiden haben, ob die Faktoren, welche auf eine Verminderung der Zahl der Zellen wirken, auch auf eine Verminderung der Zellstreckung in radialer Richtung Einfluss haben. Je nach dem Ergebnis dieser Untersuchungen wird die Frage nach der eventuellen Zusammensetzung der Jahresringe aus Zonen ungleichen Wachstums zu beantworten sein. Hierzu ist eine genaue Kenntnis des Verlaufes des Dickenwachstums während einer Vegetationsperiode notwendig. In dieser Hinsicht fehlt es ja bisher an ausreichendem Material, wenigstens für die Fichte, denn die Angaben von Mischke[1] tragen nicht die Gewähr in sich, dass die von ihm beobachtete Periodizität des Dickenwachstums in der Tat dem normalen Wachstumsverlauf entspricht, da er nicht ein genügend umfangreiches Material untersucht hat. Die Ergebnisse an einem Exemplare können nicht als beweisend betrachtet werden. Dazu kommt noch, dass es nicht ausgeschlossen erscheint, dass

[1] Beobachtungen über das Dickenwachstum der Koniferen. Botan. Centralblatt 1890, 44. Band, Nr. 5 u. 6.

dieselben durch die benutzte Methode nachteilig beeinflusst worden sind.

Fasse ich also die Ergebnisse meiner Untersuchung über den in diesem Abschnitt behandelten Gegenstand zusammen, so ergibt sich, dass in vielen Fällen eine Abhängigkeit der Streckung der Frühlingsholztracheïden in radialer Richtung von der Breite resp. dem Flächeninhalt des Ringes vorhanden ist, namentlich in extremen Fällen. Werden die Ringe sehr breit, pflegen die Frühlingsholztracheïden in der Regel stark, werden jene sehr schmal, in der Regel sehr wenig gestreckt zu sein. Eine genaue Proportionalität zwischen Ringbreite und Tracheïdendurchmesser existiert nicht. Die Abhängigkeit der Streckungsverhältnisse von der Zellbildung tritt deutlich hervor, wenn man die Anzahl Tracheïden, welche auf die Ringbreite entfällt, zur letzteren in Beziehung setzt. Vollkommen ist auch diese Abhängigkeit nicht, und das dürfte sich daraus erklären, dass nicht in einem Ringe die Wachstumsintensität während der ganzen Vegetationsperiode die nämliche ist. Es wechseln Zonen verschiedener Wachstumsintensität mit einander ab. Wenn nun auch in jeder dieser Zonen eine Beziehung zwischen Zellstreckung und Zellbildung vorhanden ist, so braucht doch in der Totalität eine einfache Beziehung zwischen den Streckungsverhältnissen der Tracheïden und der Ringbreite nicht vorhanden zu sein. Sie könnte im Gegenteil in aller Schärfe nur unter ganz bestimmten Bedingungen auftreten.

Einfluss des Standortes auf die Ausbildung des Holzes der Fichte.

Das Holz aus verschiedener Höhenlagen, aus Beständen verschiedener Beschaffenheit, von verschiedenem Boden ist von ungleicher Schwere. Es ist das durch experimentelle Untersuchungen festgestellt worden, nämlich aus der Ermittlung des spezifischen Gewichtes des Holzes. Namentlich R. Hartig hat uns in seinem „Holz der deutschen Nadelwaldbäume“[1] mit einer grossen Zahl einschlägiger Untersuchungen beschenkt. Während also diese Verschiedenheiten in der Qualität des Holzes Tatsachen sind, ist eine ebenso sichere Erklärung dafür bisher nicht gewonnen. Freilich

[1] Berlin, Julius Springer 1885, Kap. IX.

hat Hartig die Beobachtungen zu erklären versucht, aber diese Erklärungen stehen unter sich im Widerspruch und sind auch keine eigentlichen Erklärungen, sondern nur Umschreibungen des Beobachteten. Wieler[1] hat seine Theorie einer eingehenden Besprechung unterzogen, auf die ich hier verweisen möchte. Hartig gegenüber hat Wieler sich bemüht, die Qualitätsdifferenz des Fichtenholzes aus seinen am Kiefernholz gewonnenen allgemeinen Gesichtspunkten zu erklären. In sehr befriedigender Weise erklärt er die Beobachtungen aus der Abhängigkeit der Zellstreckung von der Ringbreite, resp. dem Flächeninhalt des Ringes. Er fügt hinzu, dass die Erscheinungen sich gut erklären liessen, dass es jedoch einer Prüfung an der Fichte selbst bedürfe, um zu entscheiden, ob diese Erklärungen richtig seien.

Der Wunsch, die Frage nach der Ursache der verschiedenen Qualität des Fichtenholzes mit in meine Untersuchung zu ziehen, hat mich bestimmt, bei der Wahl meines Materiales mir Bäume aus verschiedener Höhenlage, aus Beständen verschiedener Art und von verschiedenem Boden zu verschaffen. Über die Güte[2] des Fichtenholzes lässt sich im allgemeinen Folgendes sagen. Fichtenholz guter Qualität ist engringig. Engringig und infolgedessen von guter Qualität ist das Holz aus hoher Lage, aus dichtgeschlossenen Beständen und von unterdrückt gehaltenen Bäumen, vorausgesetzt, dass hier die Breite der Ringe nicht gar zu schmal wird. Bei breiten Ringen verschlechtert sich die Qualität. Angaben über den Einfluss der Bodenbeschaffenheit auf die Qualität des Fichtenholzes liegen nicht vor, ein solcher ist aber zu erwarten und wurde von R. Hartig für die Kiefer ermittelt. Sie beeinflusst aber die Qualität in anderem Sinne, als die Hochlage und die Bestandesbeschaffenheit.

Meine Untersuchung bleibt insofern mangelhaft, als ich nicht über Qualitätsbestimmungen an meinem Material verfüge. Ich kann deshalb nur feststellen, ob die Streckungsverhältnisse der Tracheïden und auch die Ringbreite bei Bäumen aus Verhältnissen, bei denen nur ein Faktor variiert wurde, während

[1] Über die Beziehungen zwischen dem sekundären Dickenwachstum und den Ernährungsverhältnissen der Bäume. Tharand. forstl. Jahrb. 1892. Bd. 42, S. 184 u. f.

[2] Güte und Qualität bezieht sich immer auf das Gewicht des Holzes.

die anderen gleich blieben, Differenzen in dem von Wieler oben angedeuteten Sinne zeigen, so dass man auf eine verschiedene Holzgüte der betreffenden Exemplare schliessen darf. Überdies ist es ja bekannt, wo man die gute und wo man die schlechte Qualität erwarten darf, so dass das einigermassen Ersatz bieten kann für die fehlenden Qualitätsbestimmungen meiner Bäume.

Zunächst will ich den Einfluss der Höhenlage auf die Strekungsverhältnisse der Tracheïden ins Auge fassen. Vergleichbar sind Fichten aus der Höhe von 300 m und 1200 bis 1300 m auf Gneisboden. Die Bäume aus der tieferen Lage sind jünger als die aus der höheren. Vergleichbar sind deshalb nur diejenigen Ringe, welche bei allen vorhanden sind.

In höheren Lagen soll das Holz engringiger sein. Bei gleichem Alter muss also ein Stamm aus 1200 bis 1300 m Höhe einen kleineren Durchmesser haben, als bei geringerer Höhenlage. Im 37. Jahre hatten die Exemplare aus der Lahrer Gegend und oben vom Feldberg folgenden Durchmesser.

Standort	Nummer der Bäume	Durchmesser ders. mm	Radius ders. mm
Lahr	2	98	58
„	3	81	43
„	4	189	102
„	5	145	84
„	6	242	115
Todtnau	8	81	49
„	9	82	49,5
Kirchzarten	10	79	7,4
„	11	101	59
„	12	166	86
„	13	125	82
„	14	93	48

Der Vergleich der Durchmesser ergibt, dass die Exemplare sehr ungleich gewachsen sind. Immerhin zeigen die Todtnauer sehr gute Übereinstimmung mit 81 und 82 mm. Aber sowohl die Lahrer wie die Kirchzartner Fichten zeigen sehr ungleichen Zuwachs. Im Durchschnitt sind jene 151, diese 113 mm dick. Hieraus kann man entnehmen, dass im allgemeinen die Mächtigkeit der Holz-

produktion in der Gegend von Lahr immerhin noch bedeutender ist, als oben auf dem Feldberg. Die individuellen Verschiedenheiten machen sich bei beiden Gruppen stark fühlhar; bei den Kirchzartner bedeutender als bei den Lahrer. Mit je einer Ausnahme bei den Lahrer und den Todtnauer Exemplaren ist sonst immer die breite Seite von mir gemessen worden. Im allgemeinen dürfte die Exzentrizität ohne Belang sein, da sie nicht bedeutend ist. Nur in einem Falle, in Nr. 10, erreicht sie höhere Werte.

Im Durchschnitt ist die Mächtigkeit der Holzbildung in der Hochlage, auf dem Feldberg gering. Es wäre also zu erwarten, dass im grossen und ganzen die Streckungsverhältnisse der Tracheïden demgemäss vermindert sind. Das tritt aber nur in vereinzelten Fällen ein. Macht sich die Hochlage in besonderer Weise in den Streckungsverhältnissen der Tracheïden fühlbar, so muss dieser Einfluss am deutlichsten hervortreten, wenn Exemplare gleicher Mächtigkeit aus verschiedener Höhe verglichen werden. Vergleiche ich z. B. die Todtnauer Exemplare mit den annähernd gleich dicken Exemplaren Nr. 2 und Nr. 3 aus Lahr, so ergibt sich folgendes für die Frühlingsholztracheïden:

Nummer des Ringes	Nr. 8	Nr. 9	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 10	Nr. 14
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
2	0,017	0,016	0,018	0,018	0,023	0,016
7	0,019	0,021	0,027	0,029	0,029	0,022
12	0,028	0,025	0,026	0,030	0,033	0,026
17	0,026	0,028	0,030	0,032	0,034	0,026
22	0,031	0,024	0,024	0,027	0,033	0,027
27	0,031	0,032	0,029	0,030	0,039	0,027
32	0,026	0,033	0,034	0,031	0,036	0,032
37	0,026	0,034	0,036	—	0,037	0,032
Mittel	0,026	0,027	0,028	0,028	0,033	0,026

Ein scharfer Gegensatz zwischen den Exemplaren aus der Lahrer Gegend und von dem Feldberg ist demnach nicht vorhanden. Bei den Todtnauer Exemplaren scheinen die Tracheïden unbedeutend weniger gestreckt zu sein, als bei den Exemplaren von Lahr.

Auch die Kirchzartner Exemplare von geringem Durchmesser, wie Nr. 10 und Nr. 14, weichen wenig von den Lahrer Exemplaren ab.

Bei den dickeren Exemplaren sind im allgemeinen die Tra-

cheïden grösser, sowohl bei den Lahrer, als den Kirschzartner Exemplaren, z. B.:

Nummer der Ringe	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 12	Nr. 13
2	0,023	0,019	0,018	0,019
7	0,032	0,027	0,023	0,023
12	0,029	0,033	0,030	0,027
17	0,020	0,030	0,033	0,037
22	0,033	0,035	0,039	0,034
27	0,036	0,038	0,036	0,037
32	0,032	0,037	0,036	0,040
37	0,032	—	0,037	0,037

Auch hier ist ein markanter Unterschied zwischen den Exemplaren aus tieferer und höherer Lage nicht vorhanden. Die Unterschiede, die sich bei den einzelnen Exemplaren fühlbar machen, scheinen weniger von dem Einfluss, welchen die Höhenlage als solche ausübt, als vielmehr, wie ein Blick auf die Seiten 20 – 23 lehrt, mit der Breite der Ringe, also mit dem mehr oder weniger ausgiebigen Wachstum, zusammenzuhängen. Die individuelle Verschiedenheit übertrifft also die Verschiedenheit in den Streckungsverhältnissen der Tracheïden von verschiedenen Standorten erheblich. Das tritt besonders hervor, wenn man sich in folgender Weise vergleichbare Zahlen verschafft. Man addiert in allen 14 Exemplaren bis zum 37. Ringe die Tracheïdengrössen, so dass man die durchschnittliche Tracheïdengrösse der einzelnen Individuen erhält:

Fichten aus:					
Lahr		Todtnau		Kirchzarten	
Nr. 1	0,038	Nr. 8	0,026	Nr. 10	0,033
„ 2	0,028	„ 9	0,026	„ 11	0,028
„ 3	0,028			„ 12	0,032
„ 4	0,030			„ 13	0,031
„ 5	0,031			„ 14	0,026
„ 6	0,033				
Mittel:	0,031	Mittel:	0,026	Mittel:	0,030

Demnach wären die Tracheïden bei den Todtnauer Exemplaren am wenigsten, bei den Lahrer am meisten gestreckt, doch ist die

Differenz zwischen diesen und den Kirchzartnern verschwindend: 0,031 : 0,030. Diese Differenz aber kommt gar nicht in Betracht gegenüber den individuellen Differenzen. So schwankt die Tracheïdengrösse z. B. bei den Kirchzartner Exemplaren zwischen 0,026 und 0,033 mm.

Unter diesen Umständen darf man den Zweifel wohl äussern, ob nämlich die Qualität des Holzes von Kirchzarten wirklich besser ist, als die von Lahr. Sollte es der Fall sein, so wäre das nur möglich durch eine stärkere Wandverdickung bei den Exemplaren vom Feldberg. Jedenfalls zeigen meine Untersuchungen, dass, wenn überhaupt ein Unterschied in der Ausbildung des Fichtenholzes auf dem Feldberg und den Bergen bei Lahr vorhanden ist, dieser als sehr wenig ins Auge springend bezeichnet werden muss. Die Höhenlage scheint demnach überhaupt ohne erheblichen Einfluss auf die Fichte zu sein. Ob man etwa andere Resultate aus der Untersuchung von Exemplaren aus den höchstgelegensten Wäldern der Alpen erhalten würde, erscheint mir sehr fraglich.

Warum die Exemplare aus Kirchzarten bedeutender in die Dicke gewachsen sind, als die von Todtnau, ist nicht mit Sicherheit zu sagen. Vielleicht hat bei der Auswahl der Exemplare ein reiner Zufall mitgespielt. Möglich wäre allerdings, dass der Standort Einfluss gehabt hat. Die Exemplare von Todtnau standen an der Nordseite, die aus Kirchzarten wahrscheinlich auf der Südseite des Feldberges.

Nach einer anderen Seite hin lassen sich die Ergebnisse meiner Vergleichung, dass eigentlich in den Streckungsverhältnissen der Tracheïden durch die Höhenlage kein merklicher Einfluss ausgeübt wird, verwenden. Wieler ist schon der Ansicht R. Hartigs entgegengetreten, dass wegen der kurzen Vegetationsperiode in der Hochlage das Frühlingsholz ausfalle oder sehr reduziert werde. Meine Resultate sprechen nicht zugunsten der Hartig'schen Auffassung. Noch deutlicher tritt das hervor, wenn das quantitative Verhältnis des Frühlings- zum Herbstholzes ins Auge gefasst wird. Wenn wirklich bei den schmalen Ringen der Hochlage das Frühjahrsholz verhältnismässig vermindert, das Herbstholz dagegen relativ vermehrt würde, so müsste doch die Breite der Herbstholzregion verhältnismässig bedeutender sein als in anderen Exemplaren. Das trifft aber nicht zu, wenigstens nicht für alle Fälle. Z. B. habe ich in No. 12 die Zahl der Frühlings- und Herbstholzelemente für die Ringe 72, 82, 92, 97, 102 und 107 ermittelt und folgende Verhältnisse gefunden:

Nummer des Ringes	Anzahl der Frühlingsholz-tracheïden	Anzahl der Herbstholz-tracheïden	Anzahl der Herbstholz-tracheïden berechnet auf 100 Trach. überhaupt
12	[illegible]	5	35
13	12	7	37
14	5	3	37,5
15	[illegible]	4	33
16	6	4	40
17	3	2	40

Wenn in jedem Ringe die Frühlings- und Herbstholztracheïden gezählt und aus diesen Zahlen berechnet, wieviel Herbstholztracheïden unter 100 Tracheïden vorhanden sind, so erhält man die Zahlen, welche in der letzten Spalte der obigen Tabelle enthalten sind. Diese Verhältniszahlen schwanken unbedeutend, nämlich zwischen 33 und 40.

In einem von R. Hartig[1] abgebildeten, jedenfalls also normalen Ringe von mittlerer Breite habe ich das Verhältnis von Frühlings- zu Herbstholztracheïden ermittet. Im Durchschnitt sind vorhanden: 31 Frühlingsholztracheïden und 19 Herbstholztracheïden, das macht 38 Herbstholztracheïden auf 100 Tracheïden. Das Verhältnis zwischen Frühlings- und Herbstholztracheïden gestaltet sich also hier keineswegs ungünstiger für die Herbstholztracheïden. Allerdings ist es nicht notwendig, dass das überall so ist, und Hartig bildet in der Tat zwei schmale Ringe ab, in welchen der Anteil des Herbstholzes am Jahresringe bedeutender ist.

Frühlingsholztracheïden	Herbstholztracheïden	%
4	6	60
8	9	53

Diese, wenn auch wenigen Zahlenangaben weisen daraufhin, dass das Verhältnis von Frühlings- und Herbstholz ein sehr variables ist, sie reichen durchaus nicht hin, auch nur Andeutungen zu geben, wovon dies Verhältnis abhängig ist. Es muss den Gegenstand einer besonderen Untersuchung bilden; das Problem weiter zu verfolgen, lag nicht in meiner Absicht.

Auch Mer teilt in dieser Beziehung Hartigs Ansicht nicht. Nach ihm soll das Verhältnis zwischen Frühlings- und Herbstholz ir konstant sein und etwaige Schwankungen mit der wechselnden

[1] Das Holz der deutschen Nadelwaldbäume. Berlin, J. Springer, 1885.

Ringbreite zusammenhängen. „In den allerbest ernährten Teilen beginnt die Tätigkeit des Kambiums am frühesten, setzt sich mit der grössten Lebhaftigkeit fort und dauert am längsten. Auf eine entwickelte Frühlingszone folgt eine breite Sommerzone. Daher ist das Verhältnis zwischen den beiden Zonen bemerkenswert konstant, doch ist die Frühlingszone in den sehr breiten Ringen der Koniferen und den sehr schmalen der Eichen verhältnismässig ein wenig stärker entwickelt."[1]

Nicht ohne Belang dürfte es übrigens sein, darauf hinzuweisen, dass das Lahrer Material und auch das vom Feldberg nicht vollkommen vergleichbar ist. Die Bodenart ist zwar im wesentlichen die nämliche an beiden Stellen, dahingegen sind die Exemplare aus der Lahrer Gegend nach Angabe der Forstleute im Lichtschlag gewachsen, während die Exemplare aus Todtnau — vermutlich gilt dasselbe auch für die Kirchzartner Exemplare — auf Felsblöcken standen. Möglicherweise können hierdurch derartig günstige Faktoren für die Exemplare in der Hochlage geboten sein, dass der geringe Unterschied in der Streckung der Tracheïden aus den verschiedenen Höhen erklärbar wird.

Über die Einwirkung der verschiedenen Erziehungsart auf die Ausbildung der Jahresringe gaben meine Exemplare keinen Aufschluss. Das Exemplar 7 ist allerdings im Dunkelschlag erwachsen, während No. 1 bis 6 im Lichtschlag erzogen wurden, aber ein Vergleich derselben ist aus dem Grunde nicht zulässig, weil die Bodenart eine ungleiche war. No. 7 stand auf buntem Sandstein, die übrigen Exemplare auf Gneis.

Eher schon liessen sich die Exemplare verwenden, um einen etwaigen Einfluss des Bodens festzustellen. Wenn man bedenkt, dass dies Exemplar im Dunkelschlag, also unter ungünstigen Verhältnissen für ein ausgiebiges Dickenwachstum, dennoch in den ersten 37 Jahren sehr energisch in die Dicke gewachsen ist, mehr als im Durchschnitt die Exemplare No. 2 bis 6 und fast soviel wie No. 6, nämlich 195 mm, so darf man vielleicht den begünstigenden Faktor in der Bodenbeschaffenheit suchen, welche den anderen ungünstigen Verhältnissen entgegengewirkt hat. Dementsprechend ist bei No. 7 im allgemeinen auch die Streckung des radialen Durchmessers bedeutender als bei den Exemplaren No. 2, 3, 4, 5, während sie etwa mit denen von No. 6 übereinstimmt.

[1] Bull. d. l. Soc. bot. de France XXXIX, pag. 102.

Entscheidend natürlich können diese Beobachtungen an meinen Exemplaren nicht sein. Dazu wäre es nötig, die Frage an umfangreichem Material, das in derselben Weise erzogen worden ist, zu prüfen.

Um zu wissen, welchen Einfluss es auf die Streckungsverhältnisse der Frühlingsholztracheïden ausübt, wenn die Stämme unter Druck stehen, habe ich die Tharander Exemplare in meine Untersuchung hineingezogen. Bei denselben habe ich mich aber darauf beschränkt, nur besonders charakteristische Ringe zu messen, also besonders schmale und einzelne breite aus Zeiten günstigerer Stellung. In diesen schmalen Ringen ist die Streckung der Tracheïden allerdings bedeutend vermindert, wenn sich No. 15 und 16 auch verschieden verhalten:

Nr. 15			Nr. 16		
Nummer des Ringes	Ringbreite mm	Frühlingsh.-Tracheïden mm	Nummer des Ringes	Ringbreite mm	Frühlingsh.-Tracheïden mm
5	1,03	0,022	2	1,19	0,019
8	0,23	0,017	3	1,62	0,020
11	0,20	0,019	4	2,14	0,027
13	0,31	0,020	32	0,09	0,019
15	0,72	0,025	31	0,08	0,023
25	2,21	0,031	45	0,11	0,024

In den schmalen Ringen ist die Streckung der Tracheïden gering und nimmt sofort zu mit dem Anwachsen der Ringbreite, wie in No. 15 Ring 5 und 25, sowie in No. 16 Ring 4 zeigen. Es bestätigt diese Beobachtung die früheren, dass bei sehr schmalen Ringen eine Abhängigkeit der radialen Streckung der Tracheïden von der Ringbreite vorhanden ist. Sobald die Pflanze aus dem Druck heraustritt, also ein energischeres Wachstum und damit das Auftreten eines breiteren Jahresringes statthat, findet eine bedeutendere Streckung der Tracheïden in radialer Richtung statt. Wenn dennoch die Frühlingsholztracheïden nicht so klein sind, wie man erwarten sollte, so dürfte das vielleicht daher rühren, dass diese Bäume eher ergrünen, als die dominierenden Stämme[1] und dadurch längere Zeit zur Assimilation haben, als man für gewöhnlich anzunehmen geneigt ist. Durch die bedeutend verminderte Streckung steigt natürlich das Gewicht, und dies wächst noch da-

[1] Zur Frage der Jahresringbildung. Forstwiss. Centralbl. 1892.

durch bedeutend, dass der Anteil des dickwandigen Herbstholzes an den Ringen nicht unbedeutend ist. Im Ringe 31 und 45 der No. 16 wurde das Verhältnis des Frühlingsholzes zum Herbstholz ermittelt. Das Frühlingsholz verhält sich zum Herbstholz im ersteren Falle wie 50:50, im zweiten wie 50:46.

Ähnliche Beobachtungen über die verminderte Streckung der Frühlingsholztracheïden bei unter Druck gewachsenen Koniferen sind auch von Mer gemacht worden: „Wenig kräftige Koniferen, und besonders die unter dem Schutz anderer Bäume stehenden Tannen, bilden im Frühjahr Tracheïden von sehr kleinen Dimensionen, von quadratischem oder abgeplattetem Querschnitt, weisen also die Charaktere von solchen Tracheïden auf, wie sie normaler Weise am Ende des Sommers auftreten.“[1]

Meine Beobachtungen an den unterdrückten Exemplaren stehen in gutem Einklange mit den Angaben von R. Hartig[2] über die 6 Klassenstämme eines gleichaltrigen Waldbestandes. Je unbedeutender das Gesamtwachstum, je geringer die Ringbreite ist, um so höher ist das Gewicht des Holzes und um so geringer die radiale Streckung der Frühlingsholztracheïden.

Meine Untersuchungen über die Fichte lehren, dass auch bei dieser Pflanze die von Wieler an anderen Gewächsen gemachte Beobachtung zutrifft, dass die Zellvermehrung und Zellstreckung im Kambium in enger Beziehung zu einander stehen. Das spricht sich darin aus, dass mit zunehmender Ringbreite, resp. zunehmendem Flächeninhalt, also mit ausgiebigerem Wachstum der Pflanzen überhaupt die Streckung der Frühlingsholztracheïden und vielfach auch der Herbstholztracheïden bedeutender wird. Hierbei handelt es sich allerdings nicht um eine mathematisch genau fassbare Proportionalität, das kann man überhaupt bei lebenden Gebilden nicht erwarten, doch kommt die Abhängigkeit besonders deutlich in extremen Fällen zum Ausdruck. Wenn der Ring recht breit ist, ist die radiale Streckung der Tracheïden beträchtlich, ist er sehr schmal, ist sie unbedeutend. Am wenigsten deutlich tritt die Abhängigkeit in denjenigen Fällen hervor, wo die Breite der Ringe, resp. deren Flächeninhalt nur unbedeutend schwankt. Übrigens braucht die Wachstumsenergie nicht während der ganzen

[1] l. c. S. 99.

[2] Forstl. naturwiss. Zeitschrift 1892, Heft 6 (Juni).

Vegetationsperiode gleich gross zu sein, und dass sie es in der Tat nicht ist, beweist das Auftreten falscher Jahresringe, woraus sich erklären würde, dass Ringe verschiedener Breite Frühlingsholztracheïden von gleicher radialer Streckung aufweisen. Also auch in den Fällen, wo zwischen der Ringbreite und der Streckung der Frühlingsholztracheïden keine Abhängigkeit vorhanden zu sein scheint, dürfte doch in den einzelnen Abschnitten der Vegetationsperiode Proportionalität zwischen Zellvermehrung und Zellstreckung bestehen.

Die Abhängigkeit der Streckung der Tracheïden von dem Gesamtwachstum ist so bedeutend, dass andere, durch verschiedene Ursachen herbeigeführte Differenzen dadurch vollständig verdeckt werden. So konnte ich z. B. keinen wesentlichen Unterschied in den Streckungsverhältnissen erkennen, als ich Exemplare aus der Höhe von etwa 300 m mit solchen aus der Höhe von etwa 1300 m verglich, dem höchsten Vorkommen der Fichte im Schwarzwalde. Dagegen sind die Unterschiede zwischen einzelnen Exemplaren von demselben Standorte weit bedeutender, und zwar gilt das sowohl von der geringeren, wie auch von der grösseren Höhenlage. Demnach hat also das Klima keinen wesentlichen Einfluss auf das Wachstum der Fichte, diese scheint in weiten Grenzen von demselben unabhängig zu sein. Ob bei Fichten aus noch grösserer Höhe ein anderes Verhalten zu Tage tritt, entzieht sich meiner Beurteilung, da es an entsprechenden Angaben fehlt, um sich darüber ein Urteil zu bilden. Ebenso wünschenswert wie die Untersuchung solcher Exemplare ist die der uralten Fichten aus Norwegen[1], deren Holz sich durch Engringigkeit und grosse Leichtigkeit auszeichnen soll.

Die Proportionalität zwischen Gesamtwachstum und Streckung der Tracheïden wird neuerdings auch von R. Hartig[2] infolge seiner Untersuchung an 6 Klassenstämmen aus demselben Bestande zugegeben. Während er früher auf das Verhältnis zwischen Frühlings- und Herbstholz das Gewicht legte, muss er nun gestehen, dass einen bedeutenderen Einfluss die Streckungsverhältnisse der Tracheïden ausüben, unter Anerkennung des von Wieler hervorgehobenen Momentes, dass die Dickwandigkeit der Frühjahrstracheïden grossen Verschiedenheiten unterliegt. Dies Zugeständnis schliesst im Grunde genommen eine Anerkennung der Richtigkeit der Wieler'schen Auffassung ein.

[1] Zur Frage der Jahresringbildung. Forstwiss. Centralbl. 1892, S. 278.
[2] l. c.

Nach Wieler besteht zwischen Frühlingsholz- und Herbstholztracheïden kein prinzipieller Unterschied; die ungleichen Streckungsverhältnisse sind auf ungleiche Ernährungsverhältnisse zurückzuführen. Da sich diese im Laufe der Vegetationsperiode ungünstig gestalten, wird allmählich die Streckung geringer. Frühlings- und Herbstholz sind in den Ringen meistens nicht scharf abgegrenzt, sondern ersteres geht in letzteres allmählich über. Je üppiger das ganze Wachstum der Pflanze, je günstiger die Ernährung des Kambiums, um so bedeutender ist die Streckung der Tracheïden. Nur hieraus ist die Abhängigkeit der Tracheïdenstreckung in radialer Richtung von der Ringbreite, resp. dem Flächeninhalte des Ringes verständlich. Nach Hartigs Theorie ist die von ihm neuerdings selbst beobachtete Erscheinung unerklärlich. Nach seiner früher entwickelten Theorie kann je nach der Mächtigkeit der Laubentfaltung die Frühjahrszone des Holzes beträchtlichen Schwankungen unterliegen. Aber diese Ansicht vermag nie zu erklären, warum mit der Mächtigkeit dieser Schicht auch die Streckungsverhältnisse der Tracheïden schwanken. Die Tatsachen zwingen Hartig dazu, die Zugeständnisse in Bezug auf die Frühlingsholztracheïden zu machen. Für die Herbstholztracheïden scheint er es nicht zuzugeben, trotzdem geht aus meinen Zahlen hervor, dass es sich hier ebenso verhält. Das Gleiche konnte Wieler für die Herbstholztracheïden der Kiefer zeigen. Jedenfalls widerspricht die folgende Behauptung den Tatsachen: „Die Gestalt [der Breitfaser][1] ist von der Ernährung unabhängig und die Entwicklung einer Breitfaserschicht bildet eine von äusseren Verhältnissen unabhängige angeborene Eigentümlichkeit im anatomischen Bau der Nadelhölzer.“ Das Unrichtige dieser Behauptung ergibt sich daraus, dass die radiale Streckung der Herbstholztracheïden sehr ungleich ist. Wie wenig fassbare Momente zur Charakterisierung des Herbstholzes als ein besonderes Gewebe vorhanden sind, ergibt sich aus folgender Bemerkung Hartigs: „Eine scharfe Grenze zwischen den drei[3] genannten Schichten besteht nicht, sodass es nicht möglich ist, mit

[1] Breitfasser = Herbstholztracheïde.

[2] Hartig, l. c. S. 227.

[3] Hartig nimmt im Holze der Koniferen drei Zonen an: Frühjahrsholz, Sommerholz, Herbstholz. Die Dreiteilung wird von Wieler verworfen. Auch meine Untersuchungen an der Fichte haben mich von der Notwendigkeit der Dreiteilung nicht überzeugen können. Näheres siehe Hartig: Die Verschiedenheit in der Qualität des Fichtenholzes. Forstl. naturwiss. Zeitschrift 1892, Heft 6, S. 227.

annähernder Genauigkeit die Breite jeder Schicht zu messen.“ Man dürfte erwarten, dass diejenigen, welche die Breitfaser als prinzipiell verschieden von der Rundfaser und als vererbte Eigentümlichkeit der Nadelhölzer ansehen, auch imstande wären, ein morphologisches Merkmal anzugeben, wodurch sie sich von der „Rundfaser“ unterscheidet. Die starke Wandverdickung als charakteristische Eigentümlichkeit der „Breitfaser“ wird neuerdings auch von Hartig fallen gelassen, denn sie kann sogar fehlen, kommt dem Sommerholz zu und findet sich auch nicht selten im Frühjahrsholz. Bis ausreichende Merkmale zur Unterscheidung von Rund- und Breitfaser beigebracht sind, wird man wohl an der Wieler'schen Ansicht festhalten dürfen, dass zwischen Frühlings- und Herbstholz in bezug auf die Streckungsverhältnisse nur quantitative, aber keine qualitativen Differenzen bestehen.

Die vorstehende Arbeit ist Ende des Jahres 1893 abgeschlossen worden; durch äussere Umstände hat sich ihre Veröffentlichung bis jetzt verzögert. Sie verdankt einer Anregung des Herrn Professor Dr. A. Wieler in Aachen aus der Zeit, wo er an der Technischen Hochschule in Karlsruhe Privatdozent für Botanik war, ihre Entstehung. Für die gütige Anregung und Anleitung, welche mir Herr Professor Wieler zuteil werden liess, sowie für die Anteilnahme, welche derselbe dauernd für meine Untersuchung bewiesen hat, fühle ich mich ihm zu wärmstem Danke verpflichtet.

Ferner danke ich allen denjenigen Herren, welche auf die verschiedenste Weise meine Arbeit gefördert haben. Mein Dank gilt da zunächst dem inzwischen verstorbenen Gr. Bad. Oberförster K. Steiglehner, weiland in Lahr, durch dessen freundliche Bemühungen ich das Material aus der Lahrer Gegend für meine Untersuchungen erhalten habe, während ich das übrige Material von Herrn Professor Wieler empfing. Nicht minder gilt mein Dank Herrn Professor Dr. Ch. Schultheiss, Dozent der Meteorologie zu Karlsruhe, welcher mich mit meteorologischen Notizen versehen hat, die ich zur Erklärung verschiedener Beobachtungen an meinem Materiale zu verwenden beabsichtigte, was sich aber durch den weiteren Gang der Untersuchung als unausführbar erwies.

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA